

ULTRASONIC DIAGNOSTIC DEVICE

Patent number: JP8066397

Publication date: 1996-03-12

Inventor: YAMAZAKI NOBUO (JP); SAKAGUCHI FUMIYASU (JP)

Applicant: TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO (JP)

Classification:

- international: G01S7/52; G01S15/89; G01S7/52; G01S15/00; (IPC1-7): A61B8/06; A61B8/08; G01N29/00

- european: G01S7/52S8B4

Application number: JP19950021795 19950209

Priority number(s): JP19950021795 19950209; JP19940143528 19940624

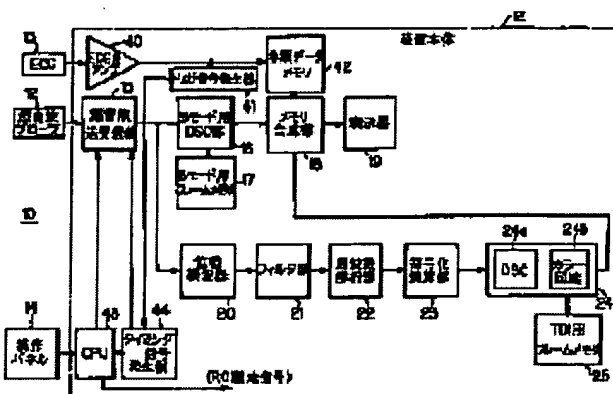
Also published as:

US5513640 (A)

Report a data error he

Abstract of JP8066397

PURPOSE: To improve the ability to display in a low velocity region and to facilitate distinguishment of normality/abnormality at a concerned site, by measuring movement velocity of a tissue in a test body by means of an ultrasonic pulse Doppler method and by relatively increasing inclination of a scale to be two-dimensionally color-displayed in a low velocity region. **CONSTITUTION:** An ultrasonic pulse signal is scanned along a tomographic face of a test body and an echo signal having an electric amount in proportion to an ultrasonic reflection signal is obtained in an ultrasonic probe 11 and an ultrasonic transmitting/receiving part 15. And a Doppler signal is extracted from the echo signal according to movement of the tissue in a phase wave detecting part 20. Furthermore, velocity data of tissue movement in the tomographic face are calculated at every sample point on the tomographic face based on the Doppler signal in a filter part 21 and a frequency analyzing part 22. And a scale is set so as to make correspond to the velocity data and gradation data of color display with each other in a coding arithmetic part 23, and the velocity data are converted into the gradation data based on this scale. On the other hand, the gradation data are colored-displayed in a display instrument 19.



THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-66397

(43)公開日 平成8年(1996)3月12日

(51)Int.Cl. ^a	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
A 6 1 B	8/06	7638-2 J		
	8/08	7638-2 J		
G 0 1 N	29/00			

審査請求 未請求 請求項の数27 O.L (全 24 頁)

(21)出願番号 特願平7-21795

(22)出願日 平成7年(1995)2月9日

(31)優先権主張番号 特願平6-143528

(32)優先日 平6(1994)6月24日

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 山崎 延夫

栃木県大田原市下石上1385番の1 株式会社
東芝那須工場内

(72)発明者 坂口 文康

栃木県大田原市下石上1385番の1 株式会社
東芝那須工場内

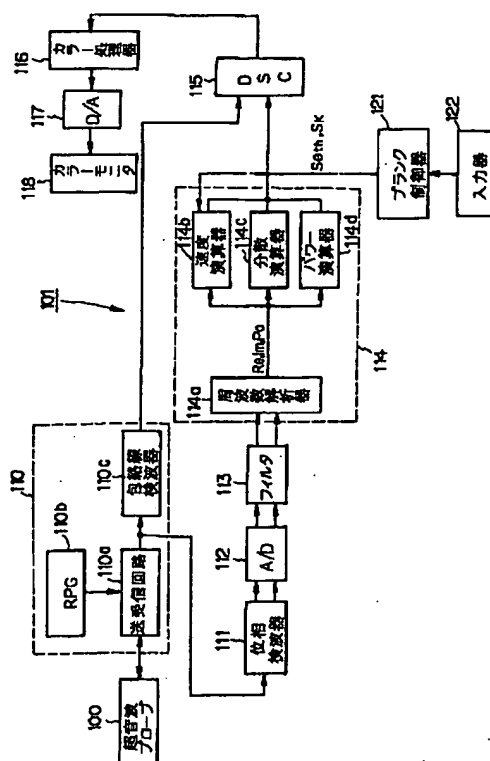
(74)代理人 弁理士 波多野 久 (外1名)

(54)【発明の名称】 超音波診断装置

(57) 【要約】

【目的】TDIで得られる低速領域の運動に対する計測機能を活かし、低速度領域の表示能を向上させ、関心部位の正常／異常の見分けを容易にする。

【構成】エコー信号から抽出したドプラ信号に基づいて組織の運動の速度データを求める手段と、エコー信号から断層像のデータを形成する手段と、超音波パルス信号のパルス繰返し周波数で制限される測定可能なドプラ周波数に対する速度測定範囲の速度データと当該速度データに割り当てるカラー表示の階調データとをその速度測定範囲内の低速度域をその残りの速度域よりも強調した状態で対応付けるスケールを設定する手段と、スケールに基づいて速度データを階調データに変換する手段と、階調データ及び速度データの何れか一方が指定しきい値を超えるサンプル点をブランク処理に付す手段と、ブランク処理を経た速度データを断層像データに重畳すると共に速度データをカラー化して表示する手段とを備えた。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 被検体の断層面に含まれる心筋、血管壁などの運動に関するカラー画像を表示する超音波診断装置において、

超音波パルス信号を前記断層面に沿って走査して当該断層面からの超音波反射信号に応じた電気量のエコー信号を得る走査手段と、前記エコー信号から前記組織の運動に従うドブラ信号を抽出する抽出手段と、前記ドブラ信号に基づいて前記組織の運動の速度データを前記断層面のサンプル点毎に求める速度算出手段と、前記超音波パルス信号のパルス繰返し周波数で制限される測定可能なドブラ周波数範囲の前記速度データと当該速度データに割り当てるカラー表示の階調データとをそのドブラ周波数範囲内の低速度域をその残りの速度域よりも強調した状態に対応付けるスケールを設定するスケール設定手段と、前記スケールに基づいて前記速度データを前記階調データに変換する速度変換手段と、この速度変換手段により変換された階調データをカラー化して表示する表示手段とを備えたことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 2】 前記抽出手段は、前記組織によりドブラ偏移を受けた前記ドブラ信号を選択的に抽出するローパスフィルタを備える請求項 1 記載の超音波診断装置。

【請求項 3】 前記スケールは、前記速度データの変化に対する前記階調データの変化の割合が非線形に設定されている請求項 2 記載の超音波診断装置。

【請求項 4】 前記スケールは、前記低速度域の前記割合を前記残りの速度域の前記割合よりも高く設定されている請求項 3 記載の超音波診断装置。

【請求項 5】 前記低速度領域は、前記超音波パルス信号のパルス繰返し周波数を f_r 、ドブラ偏移周波数を f_d としたとき、 $-f_r/8 \leq f_d \leq f_r/8$ 、 $-f_r/12 \leq f_d \leq f_r/12$ 、および $-f_r/16 \leq f_d \leq f_r/16$ のうちの 1 つである請求項 4 記載の超音波診断装置。

【請求項 6】 前記スケールは、前記低速度域を前記階調データの全てに割り当て且つ前記残りの速度域を全て当該階調データの最高値に割り当てたスケールである請求項 4 記載の超音波診断装置。

【請求項 7】 前記スケールは、前記低速度域に対する前記割合が直線的に変化する請求項 6 記載の超音波診断装置。

【請求項 8】 前記スケールは、前記低速度域に対する前記割合が第 1 の値及びこの第 1 の値より低い第 2 の値を有する折れ曲がった直線状に変化するとともに、前記第 1 の値を有する直線部分の変化が前記ドブラ周波数範囲内の低速側に位置する請求項 6 記載の超音波診断装置。

【請求項 9】 前記階調データは前記組織の運動方向を各別に表わす色の輝度および色合いのうちの一方を変化させた複数のカラーデータから成る請求項 1 記載の超音

波診断装置。

【請求項 10】 前記階調データは前記速度データの変化に応じて変わる連続的なつながりを有する階調度のカラーデータを含むとともに、当該階調データの少なくとも最高値はその低階調度側とは階調的に不連続なカラーデータである請求項 9 記載の超音波診断装置。

【請求項 11】 前記抽出手段は、前記組織によりドブラ偏移を受けた前記ドブラ信号を選択的に抽出するローパスフィルタを備える請求項 10 記載の超音波診断装置。

【請求項 12】 前記スケールは、前記速度データの変化に対する前記階調データの変化の割合が非線形に設定されている請求項 11 記載の超音波診断装置。

【請求項 13】 前記スケールは、前記低速度域の前記割合を前記残りの速度域の前記割合よりも高く設定されている請求項 12 記載の超音波診断装置。

【請求項 14】 被検体の断層面の断層像に当該断層面に含まれる組織の運動に関するカラー画像を重畳して表示する超音波診断装置において、

超音波パルス信号を前記断層面に沿って走査して当該断層面からの超音波反射信号に応じた電気量のエコー信号を得る走査手段と、前記エコー信号から前記組織の運動に従うドブラ信号を抽出する抽出手段と、前記ドブラ信号に基づいて前記組織の運動の速度データを前記断層面のサンプル点毎に求める速度算出手段と、前記エコー信号から前記断層像のデータを形成する断層像形成手段と、前記速度データが速度しきい値を超えた場合、その速度データをブランク処理するブランク処理手段と、前記ブランク処理された前記速度データを前記断層像のデータに重畳するとともに当該速度データをカラー化して表示する表示手段とを備えたことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 15】 被検体の断層面の断層像に当該断層面に含まれる組織の運動に関するカラー画像を重畳して表示する超音波診断装置において、

超音波パルス信号を前記断層面に沿って走査して当該断層面からの超音波反射信号に応じた電気量のエコー信号を得る走査手段と、前記エコー信号から前記組織の運動に従うドブラ信号を抽出する抽出手段と、前記ドブラ信号に基づいて前記組織の運動の速度データを前記断層面のサンプル点毎に求める速度算出手段と、前記エコー信号から前記断層像のデータを形成する断層像形成手段と、前記超音波パルス信号のパルス繰返し周波数で制限される測定可能なドブラ周波数に対する速度測定範囲の前記速度データと当該速度データに割り当てるカラー表示の階調データとをその速度測定範囲内の低速度域をその残りの速度域よりも強調した状態に対応付けるスケールを設定するスケール設定手段と、前記スケールに基づき前記速度データを前記階調データに変換する速度変換手段と、この速度変換手段により変換された階調データ

及び前記速度算出手段により算出された前記速度データの何れか一方の量が指定されたしきい値を超える前記サンプル点をブランク処理に付すブランク処理手段と、前記ブランク処理手段によるブランク処理を経た前記速度データを前記断層像のデータに重畳するとともに当該速度データをカラー化して表示する表示手段とを備えたことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項16】 前記スケール設定手段は、前記ドブラ周波数の変化に対する前記階調データの変化の割合を前記被検体の運動流体解析時の当該割合よりも高く、且つ前記階調データの最高値に対応する前記速度データよりも大きい速度データには当該最高値を割り当てる前記スケールを設定する手段である請求項15記載の超音波診断装置。

【請求項17】 前記階調データは、前記組織の運動方向を各別に表わす指定カラーの輝度の階調データから成る請求項16記載の超音波診断装置。

【請求項18】 前記階調データは、前記組織の運動方向を各別に表わす指定カラーの色相の階調データから成る請求項16記載の超音波診断装置。

【請求項19】 前記スケールの設定とは独立して前記しきい値を指定するしきい値指定手段を備える請求項16記載の超音波診断装置。

【請求項20】 前記一方の量は、前記速度算出手段により算出された速度データである請求項19記載の超音波診断装置。

【請求項21】 前記速度算出手段は、前記ドブラ信号の周波数成分を解析する周波数解析手段と、この周波数解析後の解析結果に基づいて前記各サンプル点の前記速度データを演算する速度演算手段とを有し、この速度演算手段、前記速度変換手段及びブランク処理手段は1つの演算ユニットに設けてある請求項20記載の超音波診断装置。

【請求項22】 前記しきい値は、前記スケールで決まる前記階調データの最高値に対応した前記速度データの値である請求項20記載の超音波診断装置。

【請求項23】 前記一方の量は、前記速度変換手段により変換された階調データであって、前記しきい値指定手段は、前記階調データの最高値よりも低い階調データのしきい値を指定する手段である請求項19記載の超音波診断装置。

【請求項24】 前記ブランク処理手段は、少なくとも前記速度算出手段及び表示手段とは独立した処理器に設けてある請求項23記載の超音波診断装置。

【請求項25】 前記表示手段は、前記速度データを前記断層像のデータに重畳するデジタルスキャンコンバータを有し、このデジタルスキャンコンバータは前記ブランク処理手段を含む請求項23記載の超音波診断装置。

【請求項26】 前記スケール設定手段は、前記スケールの設定に連動して前記しきい値を自動的に決める手段

である請求項16記載の超音波診断装置。

【請求項27】 前記一方の量は、前記速度変換手段により変換された階調データである請求項26記載の超音波診断装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は超音波診断装置に係り、特に超音波パルスドブラ法を用いた組織ドブライメージング (Tissue Doppler Imaging: TDI) に適用した超音波診断装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、組織ドブライメージングを行う超音波診断装置としては例えば本出願人が既に提案している特開平6-114059号 (発明の名称: 超音波カラードブラ断層装置) がある。この公報記載の超音波診断装置は、心筋や血管壁の組織の運動速度をパルスドブラ法とローパスフィルタを用いて検出し、その運動速度から運動に関する種々の物理量を演算して、演算結果を適宜な態様でカラー表示する機構を備えている。この組織の運動速度を検出にあたっては、組織の運動速度が血流に比べて著しく低いことから、送信する超音波パルス (レートパルス) のパルス繰返し周波数 (Pulse Repetition Frequency: PRF) を下げて組織の超低速の運動速度を計測可能にしている。

【0003】 この演算結果のカラー表示には種々の態様があり、上記公開公報に係る発明の中でも二次元のカラー表示を提案している。このカラー表示の階調に関しては、組織ドブライメージングと共通の基盤に立つ、カラードブラ装置による血流イメージングにおける手法を適用することができる。

【0004】 上記血流イメージングでは、ドブラ偏移周波数 f_d が $[-f_r/2 \sim f_r/2]$ (f_r : 超音波パルス信号のパルス繰返し周波数: PRF) の範囲を色の輝度または色相を変えて、例えば図27に示す如く32階調 (1階調当り $f_r/32$) で表示している。すなわち、 $[-f_r/2 \sim f_r/2]$ の速度範囲全体に、速度 (ドブラ偏移周波数) に対する階調変化が一樣なスケールを割り充てて、赤 (黄) - 青 (水色) に係るカラー表示の階調を設定している。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 上述の如く、組織ドブライメージングは高いパルス繰返し周波数 (= 高フレームレート) に設定して組織の超低速の運動速度を計測可能にしたことを特徴の1つとしており、その「超低速」という特性から、組織ドブライメージングで表示に特に要求されるドブラ偏移周波数の範囲は血流イメージングの場合よりも狭く、例えば $[-f_r/8 \sim f_r/8]$ 程度である。

【0006】 これにも拘らず、現状では血流イメージングにおけるカラー階調の割当てをそのまま組織ドブライ

10

20

30

40

50

5

メージングに適用せざるを得ない。この結果、低速度領域に割り当てられる階調数も極く僅かとなり、観察したい心筋などの組織部位が例えば殆ど同じ色合いの赤または殆ど同じ輝度の赤で表示され、低速度領域における速度差を視覚的に正確に評価することが極めて困難であると共に、 $f_r/32$ 以下の速度差を検出できても表示される色合いまたは輝度は変わらないことから、検出側の高精度化が表示能の低さで相殺されてしまい、高検出精度の機能を十分に発揮させることができないという未解決の問題があった。

【0007】さらに組織ドプラーイメージングを利用する診断にあっては心筋などの組織の関心部位が正常か異常かを早く見分けた。これに対し従来の表示方法によれば、カラー階調の割当てが低速度域から高速度域まで一様であるため、前述の如く低速度域の表示能が低く、診断部位の正常/異常の見分けが難しくなり、診断に長時間を必要とし、また検査者に高度な熟練度を要求するという未解決の問題があった。

【0008】本発明は上述した未解決の問題に鑑みてなされたもので、組織ドプラーイメージングで得られる低速度領域の運動に対する計測機能を活かし、その低速度領域の表示能を向上させることを、その第1の目的とする。

【0009】また、本発明は、上記第1の目的を達成しつつ、関心部位の正常/異常の見分けが容易なTDI像を提供することを、第2の目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、請求項1～13記載の発明は、被検体の断層面に含まれる心筋、血管壁などの運動に関するカラー画像を表示する超音波診断装置において、超音波パルス信号を前記断層面に沿って走査して当該断層面からの超音波反射信号に応じた電気量のエコー信号を得る走査手段と、前記エコー信号から前記組織の運動に従うドブラ信号を抽出する抽出手段と、前記ドブラ信号に基づいて前記組織の運動の速度データを前記断層面のサンプル点毎に求める速度算出手段と、前記超音波パルス信号のパルス繰返し周波数で制限される測定可能なドブラ周波数範囲の前記速度データと当該速度データに割り当てるカラー表示の階調データとをそのドブラ周波数範囲内の低速度域をその残りの速度域よりも強調した状態で対応付けるスケールを設定するスケール設定手段と、前記スケールに基づいて前記速度データを前記階調データに変換する速度変換手段と、この速度変換手段により変換された階調データをカラー化して表示する表示手段とを備えたことを特徴とする。前記抽出手段は、前記組織によりドブラ偏移を受けた前記ドブラ信号を選択的に抽出するローパスフィルタを備える。前記スケールは、前記速度データの変化に対する前記階調データの変化の割合が非線形に設定されている。例えば、前記スケールは、前記低速度域の前記割合を前記残りの速度域の前記割合よりも高く設

6

定されている。前記低速度領域は、例えば、前記超音波パルス信号のパルス繰返し周波数を f_r 、ドブラ偏移周波数を f_d としたとき、 $-f_r/8 \leq f_d \leq f_r/8$ 、 $-f_r/12 \leq f_d \leq f_r/12$ 、および $-f_r/16 \leq f_d \leq f_r/16$ のうちの1つである。また、前記階調データは前記速度データの変化に応じて変わる連続的なつながりを有する階調度のカラーデータを含むとともに、当該階調データの少なくとも最高値はその低階調度側とは階調度的に不連続なカラーデータである。

- 10 【0011】また請求項14記載の発明は、被検体の断層面の断層像に当該断層面に含まれる組織の運動に関するカラー画像を重畳して表示する超音波診断装置において、超音波パルス信号を前記断層面に沿って走査して当該断層面からの超音波反射信号に応じた電気量のエコー信号を得る走査手段と、前記エコー信号から前記組織の運動に従うドブラ信号を抽出する抽出手段と、前記ドブラ信号に基づいて前記組織の運動の速度データを前記断層面のサンプル点毎に求める速度算出手段と、前記エコー信号から前記断層像のデータを形成する断層像形成手段と、前記速度データが速度しきい値を超えた場合、その速度データをブランク処理するブランク処理手段と、前記ブランク処理された前記速度データを前記断層像のデータに重畳するとともに当該速度データをカラー化して表示する表示手段とを備えたことを特徴とする。

- 20 【0012】さらに請求項15～27記載の発明は、被検体の断層面の断層像に当該断層面に含まれる組織の運動に関するカラー画像を重畳して表示する超音波診断装置において、超音波パルス信号を前記断層面に沿って走査して当該断層面からの超音波反射信号に応じた電気量のエコー信号を得る走査手段と、前記エコー信号から前記組織の運動に従うドブラ信号を抽出する抽出手段と、前記ドブラ信号に基づいて前記組織の運動の速度データを前記断層面のサンプル点毎に求める速度算出手段と、前記エコー信号から前記断層像のデータを形成する断層像形成手段と、前記超音波パルス信号のパルス繰返し周波数で制限される測定可能なドブラ周波数に対する速度測定範囲の前記速度データと当該速度データに割り当てるカラー表示の階調データとをその速度測定範囲内の低速度域をその残りの速度域よりも強調した状態で対応付けるスケールを設定するスケール設定手段と、前記スケールに基づいて前記速度データを前記階調データに変換する速度変換手段と、この速度変換手段により変換された階調データ及び前記速度算出手段により算出された前記速度データの何れか一方の量が指定されたしきい値を超える前記サンプル点をブランク処理に付すブランク処理手段と、前記ブランク処理手段によるブランク処理を経た前記速度データを前記断層像のデータに重畳するとともに当該速度データをカラー化して表示する表示手段とを備えたことを特徴とする。前記スケール設定手段
- 30
- 40
- 50 は、前記ドブラ周波数の変化に対する前記階調データの

変化の割合を前記被検体の運動流体解析時の当該割合よりも高く、且つ前記階調データの最高値に対応する前記速度データよりも大きい速度データには当該最高値を割り当てる前記スケールを設定する手段である。さらに、前記スケールの設定とは独立して前記しきい値を指定するしきい値指定手段を備えることができる。さらに、前記スケール設定手段は、例えば、前記スケールの設定に連動して前記しきい値を自動的に決める手段である。

【0013】

【作用】本発明の一態様に係る超音波診断装置は、組織ドプラーイメージング(TDI)に適用される。このイメージングの場合、心筋などの部位が超音波パルスドブラ法で走査されてエコー信号が得られ、走査断層面のサンプル点毎に運動速度が演算される。この運動速度は二次元のカラー表示に付される。この表示のとき、超音波パルスドブラ法で測定可能な速度範囲「 $-f_r/2 \leq f_d \leq f_r/2$ 」(f_r :超音波パルスのパルス繰返し周波数、 f_d :ドブラ偏移周波数)のうち、例えば低速域「 $-f_r/8 \leq f_d \leq f_r/8$ 」における「速度データ」対「カラー表示の階調データ」のスケールの勾配がその他の速度域よりも上げられる。したがって、かかる低速域の表示分解能が上がるから、心筋の低速の運動の僅かな変化が色の輝度または色合いの多階調の変化によって感度良く表示される。このため、高いパルス繰返し周波数にして低速運動の計測機能を上げて、その計測機能が損われることもない。また、例えば、最高階調度の速度を有する画素は、それ以下の速度の画素とは不連続な色相で表示されるので、その見分けが容易で、視認性が高くなる。

【0014】本発明のほかの態様に係る超音波診断装置では、エコー信号から断層像のデータが形成される一方で、超音波パルス信号のパルス繰返し周波数で制限される測定可能なドブラ周波数に対する速度測定範囲の速度データと当該速度データに割り当てるカラー表示の階調データとを、その速度測定範囲内の低速度域をその残りの速度域よりも強調した状態に対応付けるスケールが設定される。このスケールに基づいて速度データが階調データに変換され、この階調データ及び速度データの何れか一方の量が指定しきい値を超えるサンプル点がブランク処理に付される。このブランク処理を経た速度データは断層像のデータに重畳されるとともに、当該速度データがカラー化されて表示される。つまり、組織運動の速度がしきい値より高いサンプル点のTDIカラー像は表示されず、背景のBモード断層像のみが表示される。このため、しきい値を適宜に指定することで、階調度の無い速度カラー像を排除又は最小限に抑えることができる。

【0015】

【実施例】

(第1実施例) 本発明の第1実施例を図1～図6に基づ

き説明する。この第1実施例に係る超音波診断装置は、組織としての心筋(心臓壁)のTDI(組織ドプラーイメージング)画像を得る診断装置である。

【0016】図1には、超音波診断装置のブロック構成を示す。図に示すように、この超音波診断装置10は、被検者との間で超音波信号の送受信を担う超音波プローブ11と、この超音波プローブ11を駆動し且つ超音波プローブ11の受信信号を処理する装置本体12と、この装置本体12に接続され且つ心電情報を検出するECG(心電計)13と、装置本体12に接続され且つオペレータからの指示情報を装置本体に出力可能な操作パネル14とを備える。

【0017】装置本体12は、その扱う信号経路の種別に拠り超音波プローブ系統、ECG系統及び操作パネル系統に大別することができる。超音波プローブ系統としては、超音波プローブ11に接続された超音波送受信部15を備え、この超音波送受信部15の出力側に配置されたBモード用DSC(デジタルスキャンコンバータ)部16、Bモード用フレームメモリ(FM)17、メモリ合成部18及び表示器19を備える一方、同じく超音波プローブ11に接続された、カラーマッピングのための位相検波部20、フィルタ部21、周波数解析部22、符号化演算部23、TDI用DSC部24、及びTDI用フレームメモリ25を備えている。また、ECG系統としては、ECG13に接続されたECG用アンプ40を備え、このアンプ40の出力側に接続されたトリガ信号発生器41及び参照データメモリ42を備える。さらに、操作パネル系統としては、操作パネル14からの操作情報を入力するCPU(中央処理装置)43と、このCPU43の管理下に置かれるタイミング信号発生器44とを備える。なお、CPU43は、オペレータが操作パネル14を介して指令したROI(関心領域)の設定信号を、ROI設定に必要な各構成に供給できるようになっている。

【0018】この実施例にあっては、超音波プローブ11及び超音波送受信部15が本発明の走査手段を形成し、位相検波部20が抽出手段を成し、フィルタ部21及び周波数解析部22が本発明の速度演算手段を形成している。また、TDI用DSC部24、TDI用フレームメモリ25、メモリ合成部18及び表示器19が本発明の表示手段を形成している。符号化演算部23がスケール設定手段及び速度変換手段に対応している。

【0019】超音波プローブ11は、短冊状の複数の圧電振動子を配列させたフェーズドアレイ形のトランスデューサを内蔵している。各圧電振動子は、超音波送受信部15からの駆動信号によって励振される。各駆動信号の遅延時間を制御することにより、スキャン方向を変更してセクタ電子走査可能になっている。超音波送受信部15の遅延時間パターンは、後述するタイミング信号発生器44から送られてくる基準信号を基準時として、C

P U 4 3 により制御される。超音波送受信部 1 5 は、スキャン方向に対応して遅延時間パターンが制御された駆動電圧信号を超音波プローブ 1 1 に出力する。この駆動電圧信号を受けた超音波プローブ 1 1 は、そのトランスデューサにおいて電圧信号を超音波信号に変換する。この変換された超音波信号は、被検者の心臓に向けて送波される。この送波された超音波信号は、心臓を含む各組織で反射され、再び超音波プローブ 1 1 に戻ってくる。そこで、プローブ 1 1 内のトランスデューサでは反射超音波信号が再び電圧信号（エコー信号）に変換され、そのエコー信号は超音波送受信部 1 5 に出力される。

【0020】上記超音波送受信部 1 5 の信号処理回路は、送信時と同様に、入力したエコー信号に遅延をかけて整相加算し、スキャン方向に超音波ビームを絞ったと等価なエコービーム信号を生成する。この整相加算されたエコービーム信号は、検波された後、B モード用 D S C 部 1 6 に出力される。この D S C 部 1 6 は超音波走査のエコーデータを標準テレビ走査のデータに変換し、メモリ合成部 1 8 に出力する。また、これと並行して、B モード用 D S C 部 1 6 は、任意の心位相における複数枚の画像データを B モード用フレームメモリ 1 7 に記憶させる。

【0021】一方、超音波送受信部 1 5 で処理されたエコー信号は、位相検波部 2 0 にも出力される。位相検波部 2 0 はミキサとローパスフィルタを備える。心筋のような運動をしている部位で反射したエコー信号は、ドプラ効果によって、その周波数にドプラ偏移を受けている。位相検波部 2 0 はそのドプラ周波数について位相検波を行い、ドプラ信号のみをフィルタ部 2 1 に出力する。

【0022】フィルタ部 2 1 は、運動速度の大きさが「心筋<弁<血流」の関係にあることを利用して（図 2 参照）、位相検波されたドプラ信号から、心臓壁以外の弁運動、血流などの不要なドプラ成分を除去し、超音波ビーム方向の心筋のドプラ信号を効率良く検出する。この場合、フィルタ部 2 1 はローパスフィルタとして機能させる。

【0023】上記フィルタ部は既に実用化されている、血流情報を得るためのカラードプラ断層装置にも搭載されているものである。この血流情報を得るカラードプラ断層装置の場合には、血流と心臓壁、弁運動とのドプラ信号が混在したエコー信号に対してハイパスフィルタとして機能させ、血流以外のドプラ信号を除去している。このため、フィルタ部は装置の目的に応じてローパスフィルタとハイパスフィルタとを切換可能にすることで汎用性を高めることができる。

【0024】フィルタ部 2 1 でフィルタリングされたドプラ信号は、次段の周波数解析部 2 2 に出力される。周波数解析部 2 2 は、超音波ドプラ血流計測で用いられている周波数分析法である、F F T 法及び自己相関法など

を応用するものであり、スキャンされる断層面内の個々のサンプル点における観測時間（時間窓）内での平均速度や最大速度を速度データとして演算する。具体的には、例えば、F F T 法又は自己相関法を用いてサンプル各点の平均ドプラ周波数（即ち、その点での観測対象の運動の平均速度）や分散値（ドプラスペクトラムの乱れ度）を、さらには F F T 法を用いてドプラ周波数の最大値（即ち、その点での観測対象の運動の最大速度）などをほぼリアルタイムで演算する。このドプラ周波数の解析結果は運動速度のカラードプラ情報として次段の符号化演算部 2 3 に出力される。

【0025】符号化演算部 2 3 は、C P U 機能を備え、周波数解析部 2 2 から送られてくる、断層面の各サンプル点毎のドプラ偏移周波数 f_d を、指定された速度変換スケールを使って所定ビット数の速度表示データに符号化されている。この超音波パルスドプラ法では、超音波パルス信号のパルス繰返し周波数 f_r はサンプリング周波数に相当する。よってサンプリング定理から、測定可能なドプラ偏移周波数の最大値 f_{dmax} は、

$$\text{【数1】 } f_{dmax} = f_r / 2$$

である。

【0026】周波数解析部 2 2 において折返り現象が発生しない演算可能なドプラ偏移周波数 f_d は、

$$\text{【数2】 } -f_r / 2 \leq f_d \leq f_r / 2$$

であるが、この周波数（すなわち速度）範囲のうち、

$$\text{【数3】 } -f_r / 8 \leq f_d \leq f_r / 8$$

の周波数範囲を「 $f_r / 128$ 」の量子化率で量子化して、例えば 5 ビットのデータ長の速度表示コードに符号化する。この場合、ドプラ偏移周波数 f_d が、

$$\text{【数4】 } -f_r / 2 \leq f_d < -f_r / 8$$

のときは、一方の運動方向（例えば超音波ビームから遠ざかる方向）の最高階調度に対応する、「 $-f_r / 8$ 」のときと同じ符号化データに設定し、

$$\text{【数5】 } f_r / 8 < f_d \leq f_r / 2$$

のときは、もう一方の運動方向（例えば超音波ビームに近づく方向）の最高階調度に対応する、「 $f_r / 8$ 」のときと同じ符号化データに設定する。

【0027】この結果、ドプラ偏移周波数の範囲「 $-f_r / 2 \leq f_d \leq f_r / 2$ 」を横軸にとり、カラー表示色の赤（黄）-青（水色）の色相変化を表す速度表示コードを縦軸にとったときの速度変換スケールは図 3 に示すように絶対値が「 $f_r / 8$ 」より大きい速度では飽和する形で表わされる。このように符号化された、データ長が 5 ビットの各サンプル点毎の速度表示データは次段の T D I 用 D S C 部 2 4 に出力される。以上の手順の概略を、図 4 のステップ S 1 ~ S 5 に示す。

【0028】T D I 用 D S C 部 2 4 は、走査方式変換用の D S C 2 4 a とコードに変換された速度表示データをカラー化するためにルックアップ用テーブルを備えたカラー回路 2 4 b とを備えている。このため、符号化演算

部 23 から送られてきた速度データは、DSC 24a で超音波走査信号が標準テレビ走査信号に変換されると共に、カラー回路 24b でカラー表示用データに変換され、その変換信号が前記メモリ合成部 18 に出力される。

【0029】ここで、上記カラー回路 24b で処理される心筋速度のカラー表示方式について触れる。このカラー表示を大別すると、(i) 速度の大きさ(絶対値)の表示、(ii) 運動の方向と速度の大きさの表示、(iii) 運動の方向の表示、に分けられる。(i) の表示法としては、a: 単色で大きさに応じて輝度を変える、b: 大きさに応じて色を変える、がある。(ii) の表示法については、方向を色で示し、大きさを輝度で示すやり方のほか、方向を色合いで示し、大きさをその色合いの変化で示すやり法などがあり、この内、方向については、得られる速度情報の態様に応じて、適用可能な表現法が制限される。ここでは、TDI 用 DSC 部 24 のカラー回路 24b において、図 5 に示したように、カラーが決められる。即ち、従来知られている超音波ビームに近づく運動を赤、超音波ビームから遠ざかる運動を青で示す方法に対応させて、心筋の収縮運動を赤(黄)、心筋の拡張運動を青(水色)で示し、且つ、その絶対値が大きくなるにしたがって黄色又は水色にグラデーションを変化させるようにしたものである。この結果、所望の低速度領域「 $-f_r/8 \leq f_d \leq f_r/8$ 」の速度表示データは「水色→青→赤→黄」の一連のカラー表示色に対して運動方向毎に 32 階調の色情報に変換される。

【0030】また、TDI 用 DSC 部 24 の DSC 24a はさらに、任意の心時相における複数枚のカラードブラ画像を TDI 用フレームメモリ 25 に記憶させる。

【0031】一方、前述した ECG 13 は被検者の各心時相の心電図情報を検出するようになっている。この検出信号は、ECG 用アンプ 40 を経てトリガ信号発生器 41 及び参照データメモリ 42 に各々出力される。この内、参照データメモリ 42 は各心時相における心電図情報を記憶しておき、必要に応じて必要な情報をメモリ合成部 18 に供給する。トリガ信号発生器 41 は、各心時相のタイミング情報を前記タイミング信号発生器 44 に知らせるようになっている。タイミング信号発生器 44 は、通常、操作パネル 14 からの指示に応じて超音波送受信部 15 における遅延時間パターンを制御する CPU 43 のコントロール下にあるが、トリガ信号発生器 41 から各心時相のタイミングが告知されると、超音波送受信部 15 に対して超音波送受のための基準信号を発振する。

【0032】上述したようにメモリ合成部 18 には、B モード用 DSC 部 16 から出力された B モード画像信号、TDI 用 DSC 部 24 から出力された TDI モードの画像信号、さらには必要に応じて前記参照データメモリ 42 からの心電図情報が入力するようになっている。

メモリ合成部 18 では、それらの入力信号データが重畳され、その重畳データが表示器 19 に出力される。表示器 19 はここでは CRT で成る。

【0033】この結果、血流や弁のドブラ信号は既にフィルタ部 21 でカットされているから、表示器 19 には心臓の B モード断層像(白黒階調)と、心筋の動きを図 3 に示す速度変換スケールに従って、図 5 に示すカラーバーで色分けしたカラー画像とを重畳させた断層像が、例えば図 6 に示すように殆どリアルタイムに表示される(同図においてハッチング部分が心筋 HM を示す)。つまり、図 6 に示す心筋 HM のカラーは収縮運動時には赤(黄)、拡張運動時には青(水色)となり、その赤、青が周期的に且つリアルタイムに繰り返される。しかも収縮、拡張運動の最中における運動速度の変化は、赤もしくは黄または青もしくは水色の色合い変化によって殆どリアルタイムに表現される。よって、心筋 HM の運動速度をカラーでほぼリアルタイム且つ精度良く表示させることができ、心臓の機能低下を定量的且つ高精度に評価するための基礎画像を取得できる。

【0034】特に、組織ドプラーイメージングにおいて関心のある超低速度の範囲「 $-f_r/8 \leq f_d \leq f_r/8$ 」がカラーバーの全階調範囲に相当する運動方向毎の 32 階調(量子化率 5 ビット)の色合いで表示されるため、ここでは 1 階調当り「 $f_r/128$ 」の、刻みが細かいドブラ偏移周波数(すなわち運動速度)が実質的に割り当られることになる。これは、前述したフルスケール「 $-f_r/2 \leq f_d \leq f_r/2$ 」に 32 階調を割り当てる従来法の場合に比べて、超低速度範囲「 $-f_r/8 \leq f_d \leq f_r/8$ 」の階調表示能が 4 倍に向上したことになる。これにより、高いパルス繰返し周波数にして検出した心筋の超低速の運動速度が、従来よりも各段に多い複数段の階調で表示されるから、超低速域内の僅かな速度差が異なる色合いの表示色となり、速度差を視覚的に容易に差別化して評価することができる。

【0035】本出願人の臨床評価では、上記低速度域の最大速度範囲は 4cm/s 及び 10cm/s の間で選択し、この最大速度範囲よりも大きい速度は飽和して最高輝度(色相変化に代えて指定カラーの輝度変化をカラー表示用階調データとして採用した)の赤または青の速度表示データに符号化されるようにした。しかしながら、サンプリング周波数から得られるエイリアシング速度はその飽和した最大速度よりも 4 倍または 8 倍高く、 30cm/s 及び 40cm/s の間であった。この条件のもとで心室壁の運動速度を計測したが、エイリアシングは発生しないことが確認できた。

【0036】よって、従来と同じパルス繰返し周波数の超音波パルス信号によるスキャンであっても、組織の超低速の運動速度に対する計測機能を損わないで済み、装置の高機能化を図ることができる。

【0037】なお、上記実施例における診断装置は B モ

ード用とTDI用の2種類のフレームメモリ17、25を備えているため、必要に応じて、スローモーション再生、コマ送り再生などのシネループ再生や動画再生を行ったり、心時相が異なる画像をBモード用とCFM用とで個別に或いは並列に表示させることができる。

【0038】また、上記断層装置には、心筋の動きをドブラ表示させるためのドブラフィルタやFFT（高速フーリエ変換）周波数分析器を付加することもできる。

【0039】さらに、上記実施例では心筋TDI画像を重畳させる画像がBモード断層像であり、また診断対象が心臓である構成について説明してきたが、この発明は必ずしもそのような構成に限定されるものではない。例えば、Bモード像の代わりに、Mモード像であってもよい（この場合には、Bモード像取得のための各構成要素をMモード像のそれに置換すればよい）、心筋の代わりに血管壁を診断してもよい（この場合には、フィルタ部21のカットオフ周波数を血管壁用に合わせる）。また、それらBモード像やMモード像を重畳しないで、TDI（カラードブラ）像のみを単独で表示させてもよい。

【0040】さらに、通常のBモード断層装置及び血流カラーフローマッピングで見られるように、心電図などの生体信号との対応を明確にするため、生体信号波形の同時表示や、心電図R波などからの時間差表示を行ってもよい。

【0041】さらにまた、上記実施例における周波数解析部22と符号化演算部23との間に、絶対速度演算部を挿入して、心筋などの組織の運動の絶対速度（すなわち、各サンプル点における組織の運動方向の速度それ自体）を例えば特開平6-114059号に示す如く推定演算させ、この絶対速度を二次元カラー表示することもできる。

【0042】一方、本発明に係る階調表示能を階調する低速度領域については、前述した実施例の「 $-f_r/8 \leq f_d \leq f_r/8$ 」に限定されることなく、符号化演算部のプログラムなどを組み換えることにより、例えば図7中の一点鎖線の速度変換スケールで示す如く「 $-f_r/12 \leq f_d \leq f_r/12$ 」の範囲や、同図中二点鎖線の速度変換スケールで示す如く、「 $-f_r/16 \leq f_d \leq f_r/16$ 」の範囲に設定するとしてもよい。また、それらの周波数範囲「 $-f_r/8 \leq f_d \leq f_r/8$ 」、「 $-f_r/12 \leq f_d \leq f_r/12$ 」、「 $-f_r/16 \leq f_d \leq f_r/16$ 」をオペレータからのマニュアル操作信号に応じて切り換え、表示器の画面を見ながら適宜なレンジを選択するようにしてもよい。これには、図1において、操作パネル14からのマニュアル操作信号を受けたCPU43が、その操作に係る切換信号を符号化演算部23に送るようにすればよい。

【0043】さらに、本発明に係る低速度域強調表示にあっては、例えば図8に示す如く、所望の低速度領域、

例えば「 $-f_r/12 \leq f_d \leq f_r/12$ 」については勾配のより大きい速度変換スケールを割り当て、その外側の中速度領域についてはより緩やかな勾配の速度変換スケールを割り当てるようにしてもよく、同図に示す複数段の速度変換スケールの勾配の切替制御を符号化演算部で行なうようにすればよい。これにより低速度領域とその周辺部との速度関係にも若干、配慮した二次元カラー像が得られる。

【0044】さらに本発明に係る低速度域の強調表示法にあっては図9の実線に示す速度変換スケールを使うこともできる（同図の一点鎖線は従来の血流解析時のスケールである）。この速度変換スケールは予め符号化演算部23に例えば記憶テーブルの形で記憶させているものである。低速度域として定めた、例えば $-f_r/8 < f_d < +f_r/8$ の範囲では組織運動の方向毎に赤色から黄色に及び青色から水色に徐々に（すなわち連続的に）変化する色相の階調データに対応する速度表示コードが割り当てられている。しかし、平均化されたドブラ偏移周波数 f_d （すなわち組織の平均運動速度）が $f_d \geq \pm f_r/8$ に達すると、それまでの赤から黄または青から水色への連続変化する色相に変え、色相が全く連続しない特殊な表示色CL1、CL2の速度表示コードを一律に割り当てるものである。この特殊表示色CL1、CL2は、例えば赤系、青系の色相に一定の色相を混ぜて生成される色である。勿論、このときの速度しきい値は $\pm f_r/8$ に限定されず、変更可能な値である。これにより、予め定めた低速度域を超える組織の運動速度は不連続な色相に拠って一目で見分けが付くから、低速度域の強調表示と合せて診断のための画像観察の容易化が一層押し進められる。

【0045】さらに、本発明のカラー表示に係る速度表示コードの階調データは前述したように速度の大きさに応じて色相を変えるもののほか、速度の大きさに応じて赤（または青）の輝度を変化させるようにしてもよい。

【0046】さらにまた、前記実施例及びその変形例は必要に応じて従来の血流ドプラーイメージングを実施する超音波診断装置に適用することもできる。

【0047】（第2実施例）次に本発明の第2実施例を図10～図15に基づいて説明する。前述した第1実施例では低速度領域の表示能を向上させることを目的としていたが、この第2実施例の超音波診断装置は、かかる表示能向上に加えて、関心領域の正常／異常を見分ける診断を容易化させるものである。この目的を達成するため、この第2実施例の超音波診断装置は図10に示すように構成されている。

【0048】具体的には、この超音波診断装置は、被検体との間で超音波信号の送受信を担う超音波プローブ100と、この超音波プローブ100を駆動し且つ超音波プローブ100の受信信号を処理する装置本体101とを備える。

【0049】この内、超音波プローブ100は第1実施例と同様にフェーズド・アレイ形に形成されている。装置本体101は、この超音波プローブ100に接続された超音波送受信部110を備え、この出力側に位相検波器111、A/D変換器112、フィルタ113、運動速度解析部114、DSC115、カラー処理器116、D/A変換器117、及びカラーモニタ118が順次接続されている。

【0050】また、運動速度解析部114には、後述する組織運動のカラー画像の少なくとも一部をブランク処理するためのブランク制御器121が接続されている、このブランク制御器121には入力器122を介して検査者から必要な情報が与えられる。

【0051】上記超音波送受信部110は、与えられるレートパルスの周期で超音波プローブ100を駆動するとともに、超音波プローブ100からのエコー信号を整相加算する送受信回路110a、この送受信回路110aにラスタアドレスなどの必要な情報を与えるRPG（レートパルスジェネレータ）110b、及びBモード用画像信号を生成する包絡線検波器110cとを備え、第1実施例と同等に機能する。

【0052】送受信回路110aの出力側は位相検波器111、A/D変換器112、フィルタ113に順次接続されており、これらのユニットは第1実施例における位相検波部20、フィルタ部21（A/D変換器を含む）と同等に機能する。

【0053】周波数解析部114は、自己相関法などに拠り断面の各サンプル点のドブラ周波数解析を行う周波数解析器114aを有するとともに、その解析結果に基づいて、各サンプル点の平均ドブラ周波数（平均速度）を演算する速度演算器114b、分散値（スペクトラムの乱れ度）を演算する分散演算器114c及び強さ（パワー）を演算するパワー演算器114dを備える。

【0054】速度演算器114bは本実施例では図11に示すように、CPU1140及びメモリ1141などを備えている。メモリ1141の所定記憶領域には図12に示す処理のプログラムが予め内蔵されており、速度演算器114bの起動と共に、係る処理が自動的に実行される。なお、この速度演算器114bは図12と同等に機能するようにアナログ、デジタルの電子回路などを組み合わせて構成してもよい。

【0055】ブランク制御器121は入力器122から供給される信号を解釈するとともに、その解釈値に対応した、ブランク処理に必要な偏角値 θ のしきい値 θ_{th} のしきい値信号 $S_{\theta th}$ 及びスケール変換係数 K の計数信号 S_K を速度演算器11bに供給する。

【0056】DSC115は、包絡線検出器110cから出力された白黒のBモード断面像の画像データと速度演算器114b、分散演算器114c、及びパワー演算器114dから出力されたTDI像の画像データとを

入力し、Bモード像にTDI像を重畳（合成）したフレーム像データを形成する。このフレーム像データはカラー処理器116に送られる。カラー処理器116はTDI像の画素には速度表示コードに対応した色付けを行い、そのカラー化したフレーム像データをD/A変換器117を介してカラーモニタ118に送るようになってい

る。

【0057】ここで図12に基づいて速度演算器114bの処理を説明する。

【0058】速度演算器114bのCPU1140は、まずステップ200でブランク制御器121から供給されるしきい値信号 $S_{\theta th}$ を読み込む。次いでステップ201に移行してしきい値信号 $S_{\theta th}$ で指定されたしきい値 θ_{th} を記憶する。速度演算器114bは、後述するように、周波数解析器114aの解析結果である平均ドブラ周波数（平均速度）の例えば自己相関係数 R_e 、 I_m （複素数）、 P_o （パワー）の内の R_e 、 I_m を入力して、組織の運動速度 V に対応する複素平面上の単位円上の点を表わす偏角 θ を求めるので（図13参照）、上記しきい値 θ_{th} は図14に示す如く運動速度 V （すなわちドブラ周波数）のしきい値 V_{th} に相当する。

【0059】CPU1140は次いでステップ202に移行し、TDIの表示能強調用のスケール変換係数 K （ >1 ）を指定する係数信号 S_K をブランク制御器121から読み込む。そしてステップ203で係数信号 S_K に対応するスケール変換係数 K を記憶する。この係数 $K=1$ のときは血流速度解析時である。

【0060】次いで、ステップ204で、CPU1140は周波数解析器114aで解析された例えば自己相関係数 R_e 、 I_m を入力し、ステップ205で前述した組織の運動速度 V に相当する偏角 θ を演算する。このときの偏角 θ は、スケール変換係数 $K=1$ 、すなわち血流速度解析に相当する値であり、図14の1点鎖線dで示す直線（速度変換スケール）上を動く。同図は横軸に運動速度 V 、縦軸に赤（プローブに近づく運動方向）及び青（プローブから離れる運動方向）の階調データとしての輝度階調を表わす速度表示コード CD_v （例えば8ビットの論理値データ）を各々としている。同図上には、後述するように本発明に係る種々の直線、すなわち速度変換スケールを引けるが、前記直線dは血流解析時に相当する速度変換スケールである。この速度変換スケールdは周知の如く、折り返し速度 $\pm f_r/2$ の範囲内で全ての速度 V に連続的に変化する速度表示コード CD_v が一樣に割り当てられる。

【0061】さらにステップ206では、CPU1140により、ステップ205で演算した偏角 θ がステップ201で設定したしきい値 θ_{th} に対して、 $\theta > \theta_{th}$ （すなわち、 $V > V_{th}$ ）か否かが判断される。この判断でYES（ $\theta > \theta_{th}$ ）となる場合、ステップ207に移行してその $\theta > \theta_{th}$ （ $V > V_{th}$ ）となった運動速度を有する

10

20

30

40

50

画素に対するブランク処理が指令される。このブランク処理は、その画素の速度表示コードCDVを強制的に $V=0$ のときの速度表示コード $CDV=[0, 0, \dots, 0]$ （ブランクコード）に設定する処理である。

【0062】このブランク指令が終ったとき、又はステップ206の判断でNO（ $\theta \leq \theta_{th}$ ）となるときは、ステップ208に処理が進められる。このステップ208ではステップ203で設定されたスケール変換係数K（ >1 ）にステップ205で演算した偏角値 θ が掛けられる。

【0063】この係数の乗算「 $K \cdot \theta$ 」によって偏角値 θ 、すなわち組織の運動速度VがTDI像の低速度域の強調表示態様に変換されるようになる。例えば $K=K_1$ （ >1 ；例えば「4」）となる所定値にする速度変換スケールは図14上で血流解析時に相当する直線dからaに移る。既にブランキング処理されている偏角値 θ （ $=0$ ）に係数Kを乗してもその値は零であるからTDI用の一例を示す速度変換スケールaは図14に示すように、 $V=\pm V_a$ （例えば $\pm f_r/8$ ）の間で表示色「赤」及び「青」の設定輝度階調全部の速度表示コードを使う直線で表わされ、 $V_a \geq |V| \geq V_{th}$ の範囲では最大輝度に対応する速度表示コード $\pm CDV_{(MAX)}$ で飽和した形となり、 $V=\pm V_{th}$ で原点を通る横軸、すなわち黒の表示色に対応まで立ち下がる。

【0064】また別の例として係数 $K=K_2$ （ $>K_1$ ；例えば「8」）、 $K=K_3$ （ $>K_2$ ；例えば「16」）を偏角値 θ に乘じたときの速度変換スケールは図14上の特性線b、cのようになる。速度変換スケールbは $V=\pm V_b$ （例えば $\pm f_r/12$ ）の間で直線的に増減し、 $V_b \geq |V| \geq V_{th}$ の間で飽和して赤、青の最大輝度の速度表示コード $\pm CDV_{(MAX)}$ に設定される。もう一方の速度変換スケールcの場合、 $V=\pm V_c$ （例えば $\pm f_r/16$ ）の間で同様に直線的に増減し、 $V_c \geq |V| \geq V_{th}$ の間で飽和して最大輝度の速度表示コード $\pm CDV_{(MAX)}$ に設定される。両スケールb、c共に $|V| \geq V_{th}$ の範囲ではブランク処理により立ち下がる。このように、乗じる係数Kの値に比例して速度変換スケールの直線部分が急峻になる。このためスケール変換係数Kの値に比例してその低速度域の階調性のある部分の表示能が強調されることになる。

【0065】このようにTDI表示のためのスケール変換係数Kの乗算が終ると、CPU1140は図12のステップ209に移って、K倍された偏角値 θ （すなわち速度V）の速度表示コードCDVへの変換を行う。この変換は予めメモリ1141に格納してある偏角値 θ を速度表示コードCDV（例えば8ビット値）の対応を示す記憶テーブルを参照することで行われる。次いでステップ210では、変換した速度表示コードCDVをDSC115に出力する。

【0066】さらにステップ211で再びしきい値信号

$S_{\theta_{th}}$ 及び係数信号 S_K のステップ212で偏角値 θ のしきい値 θ_{th} （ V_{th} ）又は/及び係数Kを変更するか否かを判断し、変更する場合はステップ201又は203の処理に戻る。しきい値 θ_{th} や係数Kを変更しないでブランク処理を続ける場合、ステップ213を経てステップ204に戻る。ブランク制御は以上のようにしてなされる。

【0067】超音波プローブ100より生体内に超音波ビームを送信して得られたエコー信号は再びプローブ100により受信される。このエコー信号はプローブ100で電気量の受信信号に変換され、送受信回路11aで受信処理され、さらに位相検波器111で直交検波される。検波により検出されたドプラ信号はフィルタ113により組織運動に相当する周波数成分を含む成分が抽出され、クラッタ成分を含んだままの当該ドプラ信号が周波数解析器114aに送られる。この周波数解析結果は、速度演算器114b、分散演算器114c、パワー演算器114dに送られて、組織運動に関する目的とする量が演算される。パワー演算器114dでは「 $K \cdot \log P_o$ 」の処理が行われる。

【0068】今、図14に示す如く、速度演算器114bに、入力器122およびブランク制御器121を介して、偏角値 θ に対するしきい値 θ_{th} （すなわち組織運動Vに対する速度のしきい値 V_{th} ）が指令されており、TDI表示に係るスケール変換係数 $K=K_2$ （直線b）が指令されているとする。この場合、図14上でのコード変換特性全体は一点鎖線mbで表わされる。

【0069】このため、TDIの強調表示のために演算された組織運動の平均速度（ $K \cdot \theta$ の値）が $|V| < \pm V_b$ の低速度範囲に入るとき、許容される速度表示コードCDV全体が使われる。速度Vが $\pm V_b \leq |V| < \pm V_{th}$ の範囲に収まるときは $\pm CDV_{(MAX)}$ の最高輝度のコードで飽和し、 $\pm V_{th} \leq |V|$ となる速度はブランクコードが割り当てられる。

【0070】このようにブランク処理された平均速度データを含む運動速度解析結果はDSC115に送られる。このDSC115には包絡線検波器110cからBモード像データも送られており、このBモード像に運動速度情報が重畳される。この重畳されたフレーム像データはカラー処理器116で色付けされ、カラーモニタ118に表示される。この表示像は白黒のBモード像を背景として、これに組織運動のカラー像などの運動速度情報が重畳したものであるが、指定速度 V_{th} 以上の速度値を有する画素は図12のステップ207によりブランク処理されているので、その画素のカラー像は表示されない。すなわち、 $\pm V_{th} \leq |V|$ となる高速度域の画素にはカラー情報が上書きされず、背景像のBモード像が検査者に見えることになる。

【0071】このため、高速度域をカットするために指定する速度しきい値 V_{th} （具体的には偏角 θ のしきい値

10

20

30

40

50

θ_{th})を適宜な値に設定することで、心筋などの組織の運動の階調性の無い最高輝度部分は必要最小限の面積(画素)に抑えることができる。これにより、見易い画面となり、組織運動の解析にとっては無用な最高輝度部分が診断の邪魔になるという事態を殆ど回避でき、診断の能率(診断時間、診断労力)向上に寄与できる。

【0072】またそのような高輝度像に代えて背景像(白黒Bモード像)が現われるので、かえって診断に有効な情報が増えるという利点がある。

【0073】当然に、低速度域を強調する速度変換スケールa、b、c(図14参照)を用いているので、壊死した組織の遅い運動速度を容易に見分けることができ、関心部位の正常/異常の診断能が向上する。

【0074】さらに、本実施例では運動速度Vのしきい値 V_{th} を速度変換スケールa(…c)とは独立して設定でき、モニタ画面上に残す赤、青の最高輝度 $\pm CD_{v(MAX)}$ の部分、同一の速度変換スケールa(…c)

(すなわち、同一の低速度強調機能)に対して適宜に調整できる。このため、速度しきい値 V_{th} 及びスケール変換係数Kの選択具合によっては図15の1点鎖線 m_1 で示すように、最高階調の輝度領域をモニタ画面上に残すこともできるし、同図実線 m_2 で示すように最高階調の輝度まで達しない内にTDIカラー像のみをブランクにすることもできる。

【0075】本実施例ではさらに組織運動解析用に複数の速度変換スケールa…cを予め用意し、それらを適宜、選択/切換できるようにしている(図12中ステップ202、211参照)。このため非常に汎用性が高められる。なお、図14上の仮想線 m_a 、 m_c は速度しきい値 V_{th} を一定としたときの速度変換特性の別の例を示している。

【0076】(第3実施例)本発明の第3実施例を図16～図20に基づいて説明する。この第3実施例に係る超音波診断装置は前述した組織運動の高速域のブランク処理を、その低速域強調の速度表示コードを演算した後に行うようにするものである。なお、この第3実施例以降の実施例では第2実施例と同一又は同等の構成要素には同一符号を用いてその説明を省略又は簡略化する。

【0077】図16に第3実施例の超音波診断装置のブロック構成を示す。運動速度解析部114とDSC115との間にはブランク処理器125が介挿されている。ブランク制御器121からは前述した係数信号 S_k のみが前述した速度演算器114bに供給される一方で、ブランク処理器125に速度表示コードのコードしきい値信号 Sc_{dth} が供給されるようになっている。

【0078】ブランク制御器121はCPU1210及びメモリ1211を含むコンピュータ機能を有する。CPU1210は図17に示す一連の処理を行う。速度演算器114bのCPU1140は本実施例では図18に示す一連の処理を行う。さらにブランク処理器125も

CPU1250及びメモリ1251を含み、CPU1250は図19に示す一連の処理を行う。

【0079】最初にブランク制御器121の動作を図17で説明する。CPU1210はステップ250、251にて入力器122から読み込んだ操作信号からスケール変換係数Kを算出する。そしてこの算出係数Kに対応した係数信号 S_k を速度演算器114bに出力する(ステップ252)。この後ステップ253で、血流解析時に相当する速度変換スケールをK倍したときの、最高輝度の速度表示コード $\pm CD_v(MAX)$ に対応する速度 $\pm V_{MAX}$ を演算する(図29参照)。なお、この $\pm V_{MAX}$ の演算は速度演算部114bで行わせて、その演算値を送り返してもらうようにしてもよい。

【0080】次いでCPUはステップ254で入力器122からの操作信号を読み込み、ステップ255で検査者が欲している所望の速度しきい値 V_{th} を算出する(図20参照)。ここでの速度しきい値は直接的には偏角 θ に関係しない。というのは、この速度しきい値 V_{th} は速度演算器114bから出力される、既に変換された速度表示コード CD_v に対するしきい値を与えようとするものだからである。

【0081】上記速度しきい値 V_{th} を用いて、次のステップ256では $|V_{th}| \leq V_{MAX}$ か否かが判断される。この判断でYES、すなわち $-V_{MAX} \leq V_{th} \leq +V_{MAX}$ になるときはそのしきい値 V_{th} に対応する速度表示コードのしきい値 CD_{th} (図20参照)を演算し(ステップ257)、次いでこのしきい値 CD_{th} に対応したコードしきい値信号 Sc_{dth} をブランク処理器125に出力する(ステップ258)。これに対し、ステップ256の判断でNO、すなわち $|V_{th}| > V_{MAX}$ となるときは、ステップ259で、ブランク処理が不可である旨の表示をDSC115を介してモニタ118に表示させる(図16の信号 S_{un} 参照)。

【0082】ステップ259及び前記ステップ258の処理後、ステップ260で再び入力器122からの操作信号の読み込みを試み、ステップ261で検査者がスケール変換係数K又は/及び速度しきい値 V_{th} の変更を欲しているか否かを判断する。この判断でYES(変更)のときは、前記ステップ251又は255に戻り上述した処理を繰り返す。さらにステップ261でNO(変更しない)となるときは、ステップ262で処理終了か否かを判断し、処理継続の場合ステップ260～262の処理を行いながら待機する。

【0083】続いて、速度演算器114bの動作を図18に示す。この動作は前述した図12の一連の処理の中の対応する符号部分と同一又は同等であって、ステップ200、201、206及び207を除いたものである。これにより、ブランク制御器121から指令されたスケール変換係数Kにตอบสนองしてリアルタイムに、低速域を強調した速度表示コード CD_v がブランク処理器12

5に出力される。

【0084】さらにブランク処理器125の動作を図19に基づき説明する。この処理器125のCPU1250はまず、ステップ270でブランク処理器121から供給されるコードしきい値信号 S_{cdth} を読み込み、ステップ271で速度表示コードのしきい値 CD_{th} を設定する。次いでステップ272で速度演算器114bからの速度表示コード CD_v を読み込み、ステップ273で $|CD_v| > CD_{th}$ か否かを判断する。この判断がYES (送られてきたコード CD_v の絶対値がしきい値 CD_{th} を超えている) のとき、ステップ274に移ってその速度表示コード CD_v にブランク処理を施す。これにより $|CD_v| > CD_{th}$ となる画素の速度 V にはブランクコードが強制的に割り当てられる。

【0085】ステップ273でNO、すなわち $|CD_v| \leq CD_{th}$ となるとき、及びステップ274でブランク処理を終えた速度表示コード(ブランクコードを含むコード) CD_v^* は、次いで、DSC115に出力される(ステップ275)。

【0086】CPU1250は次いでステップ276にてブランク処理器121から供給されているかもしれないコードしきい値信号 S_{cdth} の読み込みを試み、ステップ277にてしきい値 CD_{th} の変更を欲しているか否かを判断する。しきい値 CD_{th} を変更する場合はステップ271に戻り、変更しない場合はステップ278で処理終了か否かを判断し、終了しないときはステップ272に戻って上述した処理を繰り返す。

【0087】なお、このブランク処理器125は特に図示していないが、速度の分散値及び/又はパワー値を単独で観察するときは、これらの値を直接DSC115に供給することともに、速度 V と併用して観察するときは、速度 V (すなわち速度表示コード CD_v)を優先し、 $|CD_v| > CD_{th}$ となる画素をブランク処理するようになっている。それらの処理は図示しないコンソールからの指令信号 S_{con} に基づいて行われる。

【0088】ブランク制御器121、速度演算器114b、ブランク処理器125は以上のように動作するので、図20に示す如く、検査者が指令したブランク処理のしきい値 V_{th} が、組織運動の低速度域を強調表示したときの最高階調度に対応する速度 $\pm V_{th}$ の間に入っているときのみ、速度しきい値 $\pm V_{th}$ を超える速度の画素が自動的にブランクされる。これにより前述した第2実施例と同等の作用効果が得られるほか、スケール変換係数 K を変更する場合でもブランク処理は固定できるという利点がある。

【0089】但し、本実施例では図20で $\pm V_{MAX}$ 以降の速度表示コード CD_v には階調性が無いので、検査者が $\pm V_{MAX}$ を超えるしきい値 $\pm V_{th}$ を指定したとしても、検査者にその旨の告知があるだけでブランク処理はなされない。これにより検査者は低速度強調表示にお

る $\pm V_{MAX}$ が何処にあるかに特別な注意を払わなくても自由に $\pm V_{th}$ の値を指令でき、操作が容易になる。

【0090】なお、このブランク処理器125の機能は、図21に示す如く、DSC130に含めてもよい。この場合、コードしきい値信号 S_{cdth} 及びその他の制御信号 S_{un} 、 S_{con} はDSC130に供給される。DSC130は前述と同様に速度表示コード CD_v を速度しきい値 V_{th} に対応するコードしきい値 CD_{th} でブランク処理を行うとともに、組織運動情報の画像データとBモード像データとを重畳する。これにより、速度演算出力 CD_v の階調性を持った低速度域に適宜な速度しきい値 V_{th} (CD_{th})を設定することができ、第3実施例と同等のブランク作用及び効果が得られる。

【0091】(第4実施例)以上説明した第2~第3実施例は、何れも低速度強調表示のための速度変換スケールに無関係にブランク処理のしきい値を設定できるものであったが、速度変換スケールの設定に連動してしきい値(すなわちブランク域)を決めることもできる。以下の実施例ではそのような超音波診断装置を例示する。

【0092】本発明の第4実施例を図22~図24を参照して説明する。

【0093】図22に示す超音波診断装置は前述した速度演算器114bを備えており、そのCPU1140は図23に示す一連の処理を行うようになっている。ブランク制御器121からは低速度強調表示用の係数信号 S_k のみが供給されるようになっている。

【0094】図23において、速度演算器114bのCPU1140はステップ300、301の処理(図12のステップ202、203と同じ処理)を行った後、ステップ302で速度変換スケール(図24の直線a...c参照)の最高階調度に相当するコードしきい値 $\pm CD_v(MAX)$ を演算する。その後、ステップ303、304の処理(図12のステップ204、205と同じ処理)を行う。この図23の処理ではステップ304で偏角 θ が求まると、直ちにステップ305、306の処理(図12のステップ208、209と同じ処理)を実行する。次いでCPU1140はステップ307に移行し、コードしきい値 $\pm CD_v(MAX)$ を用いて、速度表示コード CD_v が $|CD_v| < CD_v(MAX)$ か否かを判断する。

【0095】この判断は最高階調度に対応する速度以上の組織運動はブランク処理しようとする趣旨に基づくもので、したがって K 倍した後のスケールの最高階調度によってブランク処理する速度しきい値 V_{th} が自動的に決まってしまう。換言すれば、低速度強調用の速度変換スケールに連動して速度しきい値が決まることになる。例えば図24の例ではスケール変換係数 $K=K_1 (>1)$ のときの速度変換スケールaの場合、速度しきい値 $\pm V_{th-1}$ に、 $K=K_2 (>K_1)$ のときのスケールbの場合、速度しきい値 $\pm V_{th-2}$ に、さらに $K=K_3 (>K_2)$ のときのスケールcの場合、速度しきい値 $\pm V$

th-3に各々、連動して決まる。

【0096】このステップ307の判断でYES ($|CD_v| < CD_v(\text{MAX})$) となるときはステップ309に移行して、そのままのコード値を有する速度表示コード CD_v を $DSC115$ に出力する。しかし、NO ($|CD_v| \geq CD_v(\text{MAX})$) となるとき、すなわち求めた速度表示コード CD_v が赤又は青の輝度の最高階調度に達している場合、ステップ308で速度表示コード CD_v のコード値=ブランクコードに強制設定する。このようにブランク処理されたコード CD_v はステップ309でや

はり $DSC115$ に出力される。この結果、例えば $\pm CD_v(\text{MAX}) = \pm 128$ のとき、 $CD_v = \pm 127$ まではブランク処理されないが、 $CD_v = \pm 128$ のときはブランク処理される。これは図24に示すように最高階調度 $\pm CD_v(\text{MAX})$ から $CD_v = 0$ に立ち下がる特性になる。

【0097】次いでCPU1140はステップ310～312の処理を、図12のステップ211～213と同じに行う。

【0098】以上のブランク処理によって、組織運動の低速域強調表示のための速度変換スケールa(…c)を任意に選択/切換できるとともに、各スケールa(…c)に連動して決まる速度値 V_{th} 以上の速度の画素は自動的にブランクされ、背景像が現われる。

【0099】したがって、この実施例によっても前述した低速域強調表示及びブランク処理の利点を良好に享受できる。また検査者が入力器122から指令するのはスケール変換係数Kだけで済む利点もある。

【0100】なお、上記実施例ではブランク処理のしきい値を $\pm CD_v(\text{MAX})$ の最高階調に設定したが、必要に応じて、これより低い適宜なコード値に設定することもでき、その場合にもそのコード値に連動して速度しきい値が自動的に決まり、それ以上の速度のカラー画素のみは同様にブランクされる。

【0101】(第5実施例) 続いて本発明の第5実施例を図25、26を参照して説明する。

【0102】この実施例では図25に示す如く、組織運動解析部114と $DSC115$ との間に図16と同様に別個のブランク処理器131を介挿し、図26に示すステップを含む処理をそのCPU(図示せず)で実行させるようにしている。ブランク制御器121はここではコードしきい値 CD_{th} を表わすしきい値信号 Scd_{th} ブランク処理器131に与える。

【0103】ブランク処理器131は図26に示すように、コードしきい値信号 Scd_{th} を読み込み、対応するコードしきい値 CD_{th} (ここでは例えば前記実施例と同様に $\pm CD_v(\text{MAX})$) を設定する(ステップ320、321)。次いで、演算された速度表示コード CD_v が読み込まれ、 $|CD_v| < CD_{th}$ か否かが判断される(ステップ323、324)。 $|CD_v| = CD_{th}$ となるとき

はブランク処理される(ステップ325)。

【0104】したがって、ブランクする速度範囲を速度変換スケールに連動させる場合、平均ドブラ速度の表示コードを演算した後でも、コードしきい値を適宜に決めてやることで容易に実施でき、図24と同一の作用効果が得られる。

【0105】なお、この実施例においてコードしきい値 Scd_{th} は速度演算器114bで演算してブランク処理器131に与えるようにしてもよい。

【0106】またなお、上述したブランク処理器131の機能を表示系としての $DSC115$ の中に一体に含めて実施することもできる(図21参照; 但し、この場合しきい値設定の可否に関する制御信号 S_{un} の供給は不要である)。

【0107】さらに前記第2～第5実施例及びその変形例では速度表示コード CD_v を組織運動の方向を識別する赤色及び青色の輝度の階調として表わしたが、速度表示コード CD_v はそのほかにも例えば色相のグラデーションで表わすようにしてもよい。

【0108】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の一態様の超音波診断装置によれば、被検体内の組織の運動速度を超音波パルスドブラ法を用いて計測し、二次元カラー表示するためのスケールの勾配を、低速度域でその他の速度域のそれよりも上げるようにしたため、その低速度域の速度表示能が高められる。これによって、低いパルス繰返し周波数にすることに依存する、心筋などの低速度領域に対する高感度な検出能を損うことなく、僅かな速度差であっても異なる階調(例えば色の輝度または色合いの違い)で表示されることから、低速度領域における速度差を視覚を通して容易に且つ高精度に評価することが可能となり、組織ドプラインメージングにおける表示機能を充実させることができる。また、また、例えば、最高階調度の速度を有する画素は、それ以下の速度の画素とは不連続な色相で表示されるので、その見分けが容易で、その輪郭に対する視認性が高くなる。

【0109】本発明のほかの態様に係る超音波診断装置では、心筋などの組織の運動速度がしきい値より高いサンプル点のTDIカラー像は表示されず、背景のBモード断層像のみが表示されるため、しきい値を適宜に指定することで、階調度が無く、診断上有効な画像情報を提供し得ない最高階調度(例えば最高輝度)の速度カラー像を排除又は必要最小限に抑えることができ、その代わりに背景像であるBモード断層像を表示できるので、その背景像からより有益な画像情報が得られ、関心部位の正常/異常の見分けが容易なTDI像を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例に係る超音波診断装置のブロック図。

【図 2】 同実施例における組織、血流などのドブラ偏移周波数（運動速度）の特性と組織ドブライメージングに用いるローパスフィルタの特性を示すグラフ。

【図 3】 同実施例の速度変換スケールの一例を示すグラフ。

【図 4】 同実施例における符号化演算部の処理の概略フローチャート。

【図 5】 同実施例における心筋の運動方向とカラーバーの関係を示す図。

【図 6】 同実施例における心筋の表示例を示す図。

【図 7】 速度変換スケールの別の例を示す図。

【図 8】 速度変換スケールのさらに別の例を示す図。

【図 9】 速度変換スケールのさらに別の例を示す図。

【図 10】 本発明の第 2 実施例に係る超音波診断装置のブロック図。

【図 11】 同実施例における速度演算器のブロック図。

【図 12】 速度演算器の処理例を示すフローチャート。

【図 13】 周波数解析器の出力データを説明する図。

【図 14】 速度変換スケールの例を示す図。

【図 15】 速度しきい値の変化に対応するブランク域の増減を説明する図。

【図 16】 本発明の第 3 実施例に係る超音波診断装置のブロック図。

【図 17】 同実施例におけるブランク制御器の処理例を示すフローチャート。

【図 18】 同実施例における速度演算器の処理例を示すフローチャート。

【図 19】 同実施例におけるブランク処理器の処理例を示すフローチャート。

【図 20】 同実施例における速度変換スケールの一例を示す図。

【図 21】 本発明の変形例に係る超音波診断装置のブロック図。

【図 22】 本発明の第 4 実施例に係る超音波診断装置のブロック図。

【図 23】 同実施例における速度演算器の処理例を示す

フローチャート。

【図 24】 速度変換スケールに連動するブランク域の速度しきい値の例を示す図。

【図 25】 本発明の第 5 実施例に係る超音波診断装置の部分ブロック図。

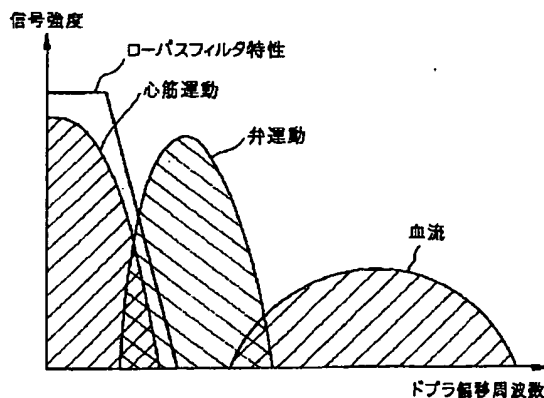
【図 26】 同実施例のブランク制御器の処理例を部分的に示すフローチャート。

【図 27】 従来技術の一例を示す血流速度解析時の速度変換スケールの図。

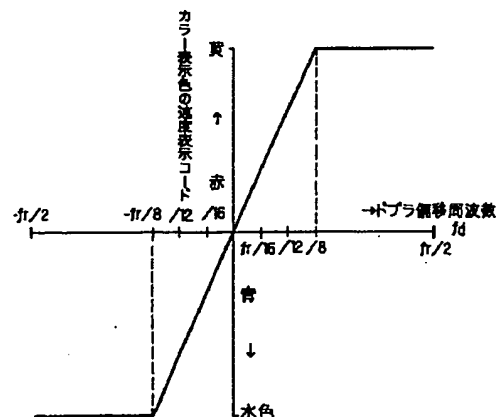
【符号の説明】

- 10 超音波診断装置
- 11 超音波プローブ
- 14 操作パネル
- 15 超音波送受信部
- 19 表示器
- 20 位相検波部
- 21 フィルタ部
- 22 周波数解析部
- 23 符号化演算部
- 24 TDI 用 DSC 部
- 100 超音波プローブ
- 110 超音波送受信部
- 111 位相検波器
- 112 A/D 変換器
- 113 フィルタ
- 114 a 周波数解析器
- 114 b 速度演算器
- 115 DSC
- 116 カラー処理器
- 117 D/A 変換器
- 118 カラーモニタ
- 121 ブランク制御器
- 122 入力器
- 125 ブランク処理器
- 130 DSC
- 131 ブランク処理器

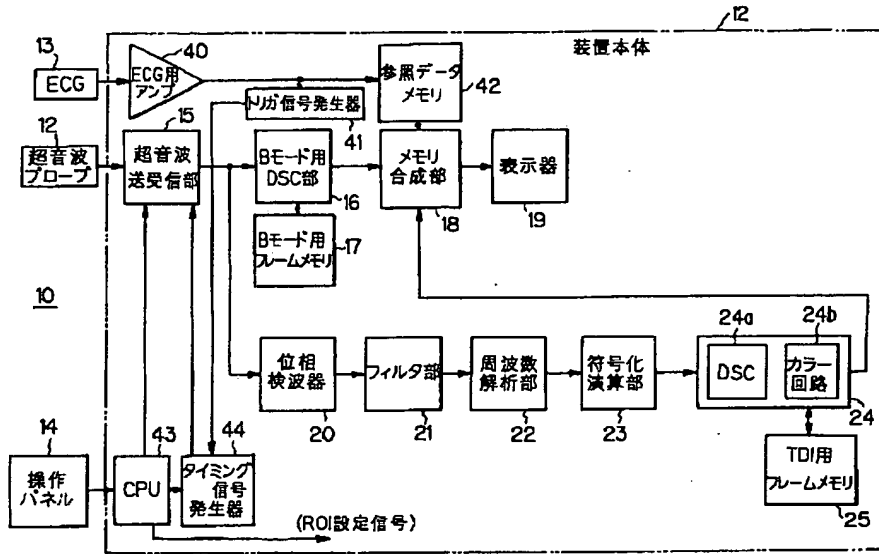
【図 2】



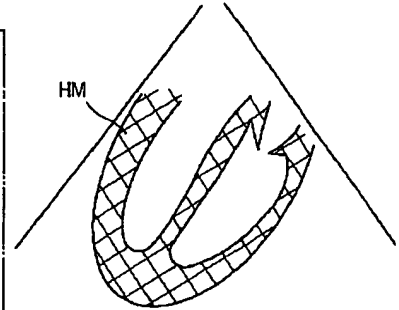
【図 3】



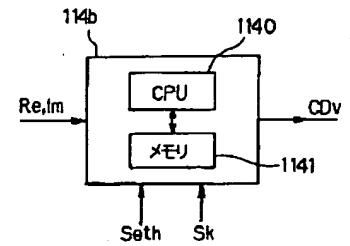
【図1】



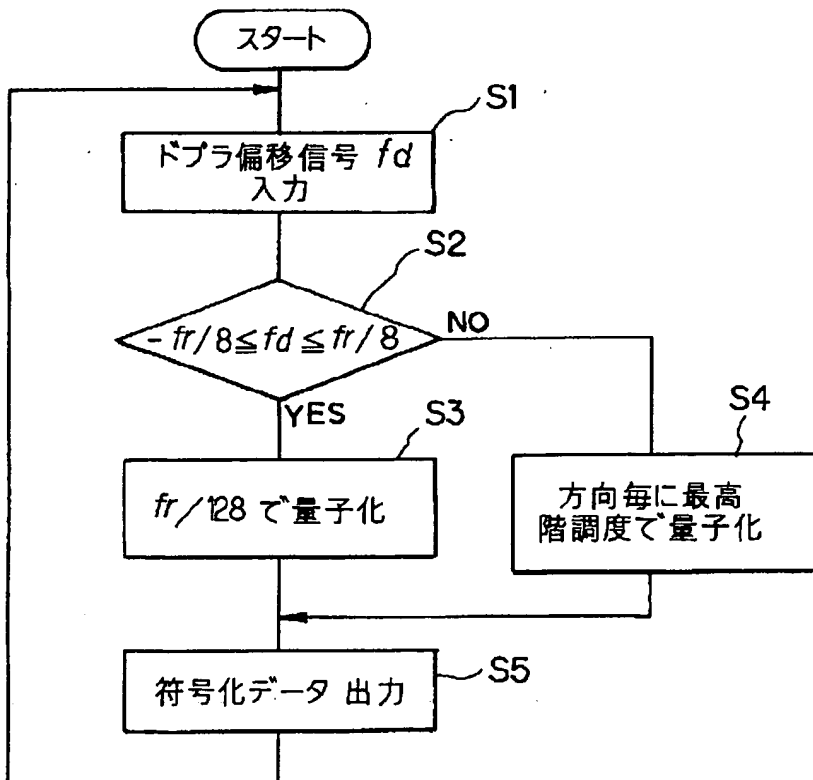
【図6】



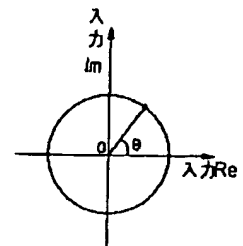
【図11】



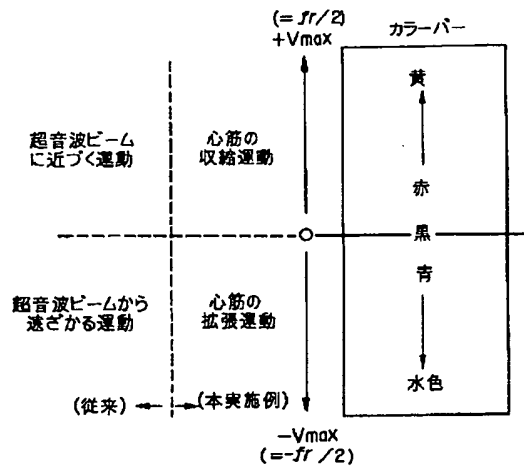
【図4】



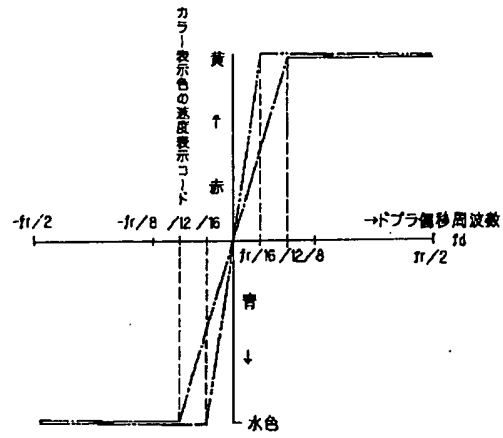
【図13】



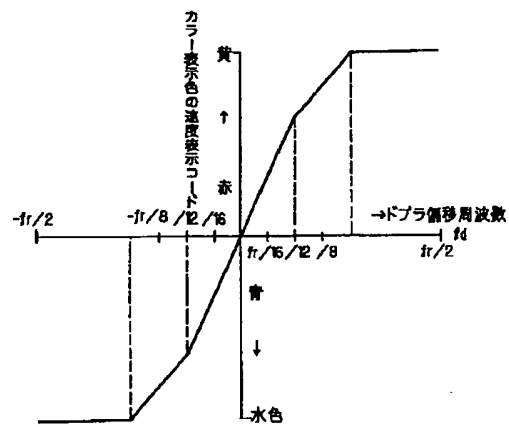
【図5】



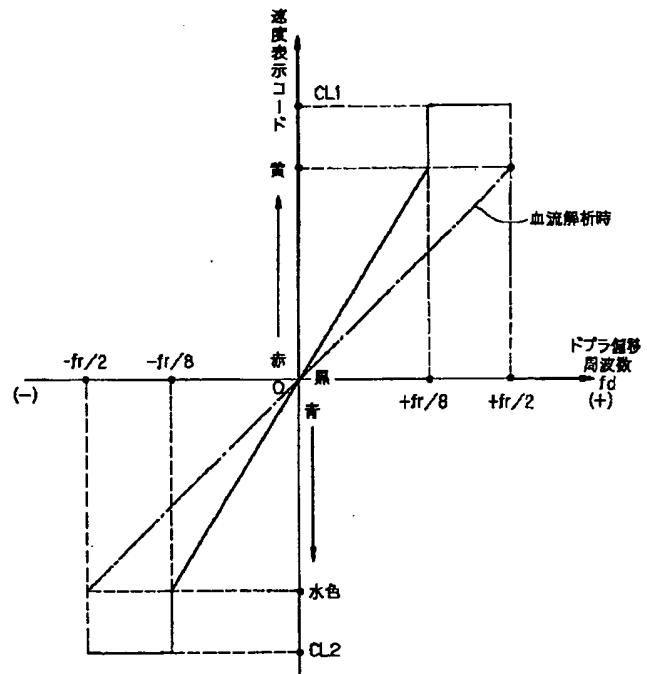
【図7】



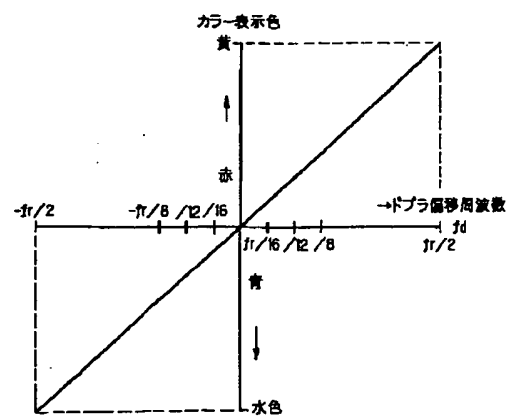
【図8】



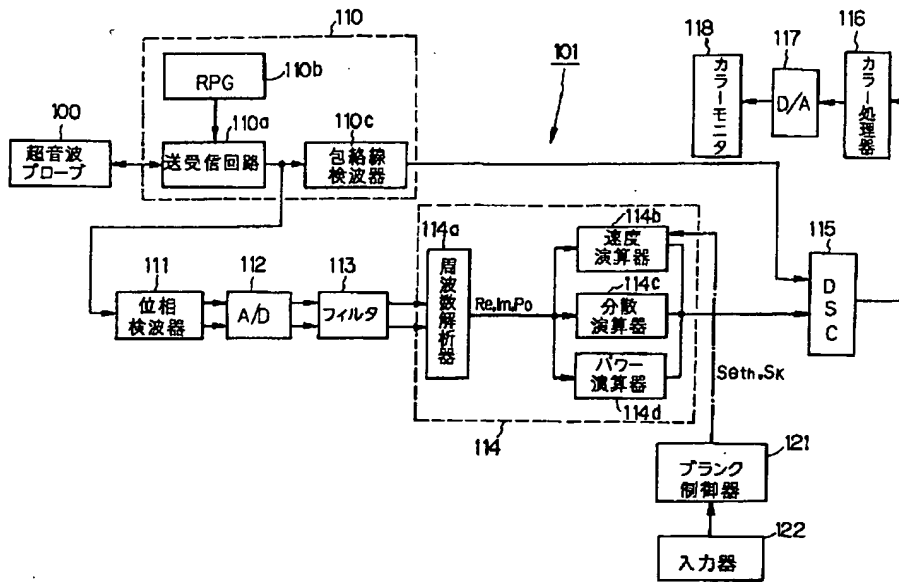
【図9】



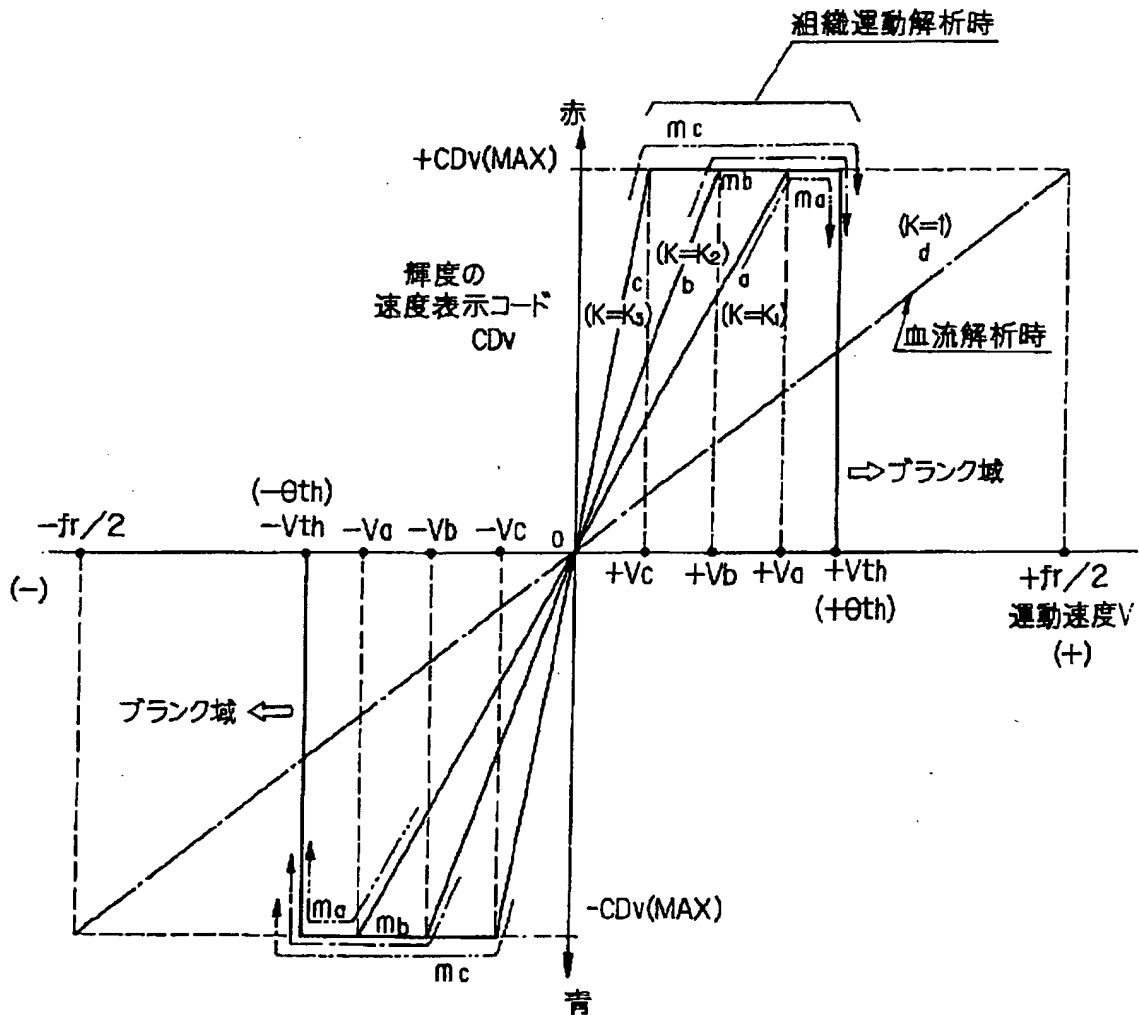
【図27】



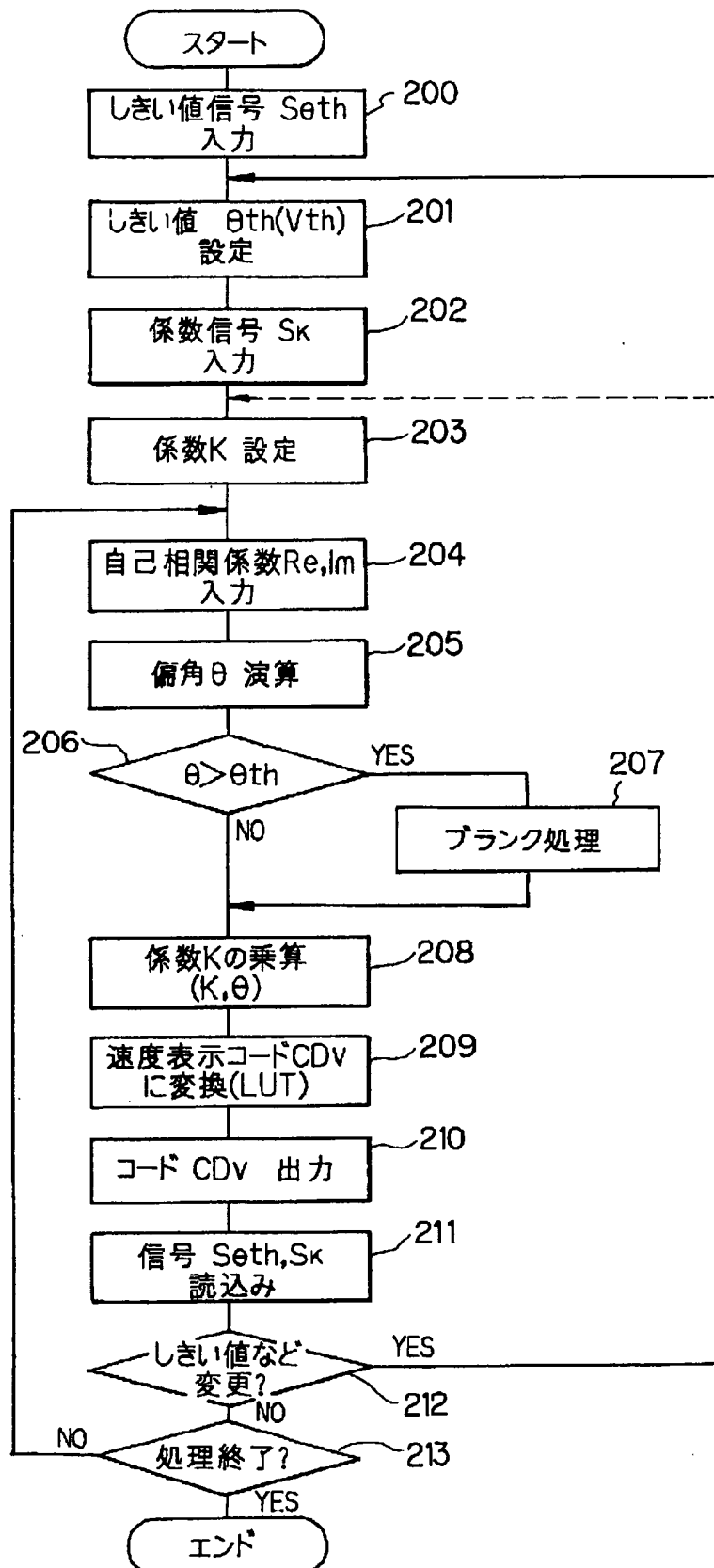
【図10】



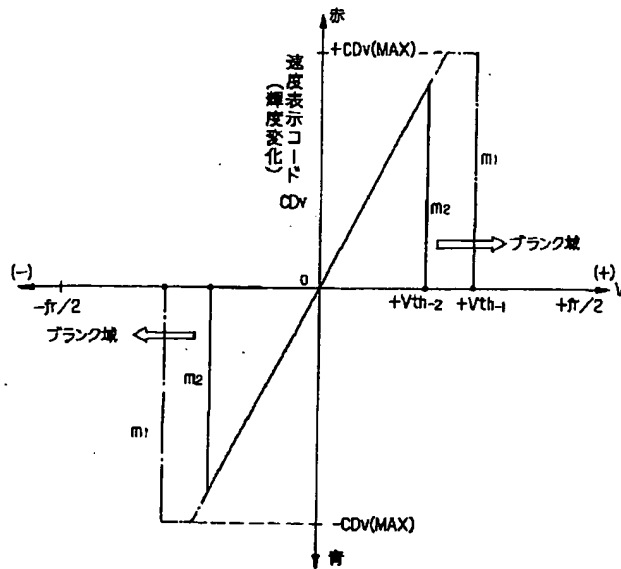
【図14】



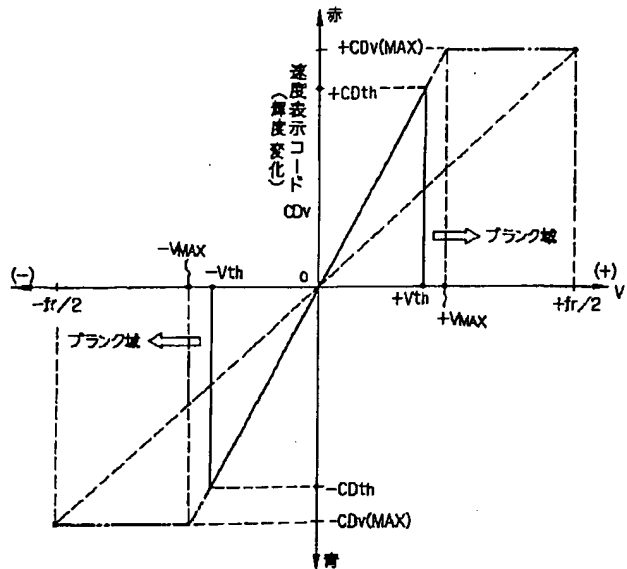
【図12】



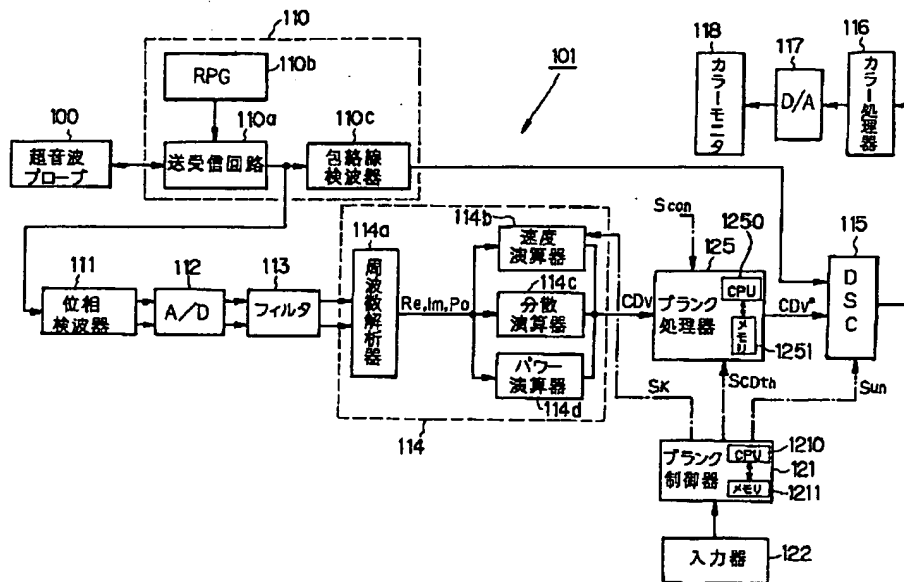
【図15】



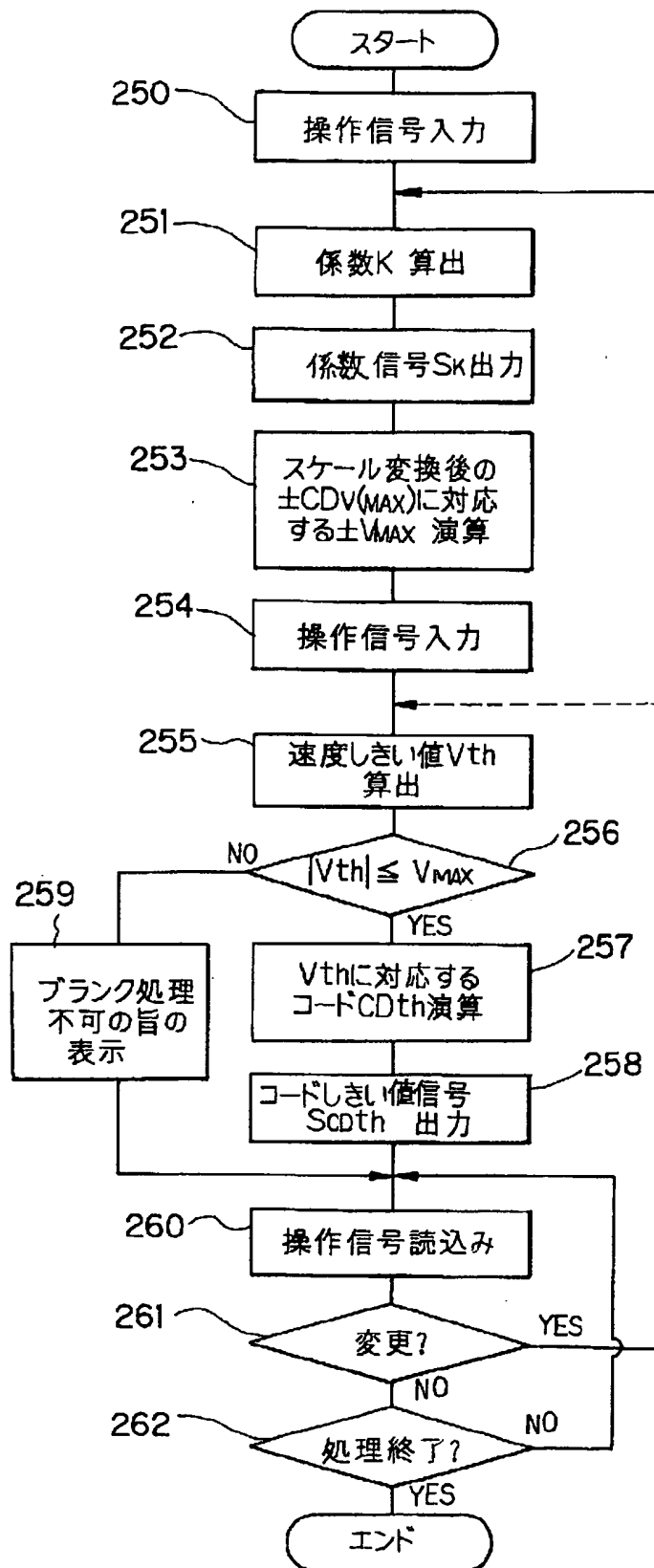
【図20】



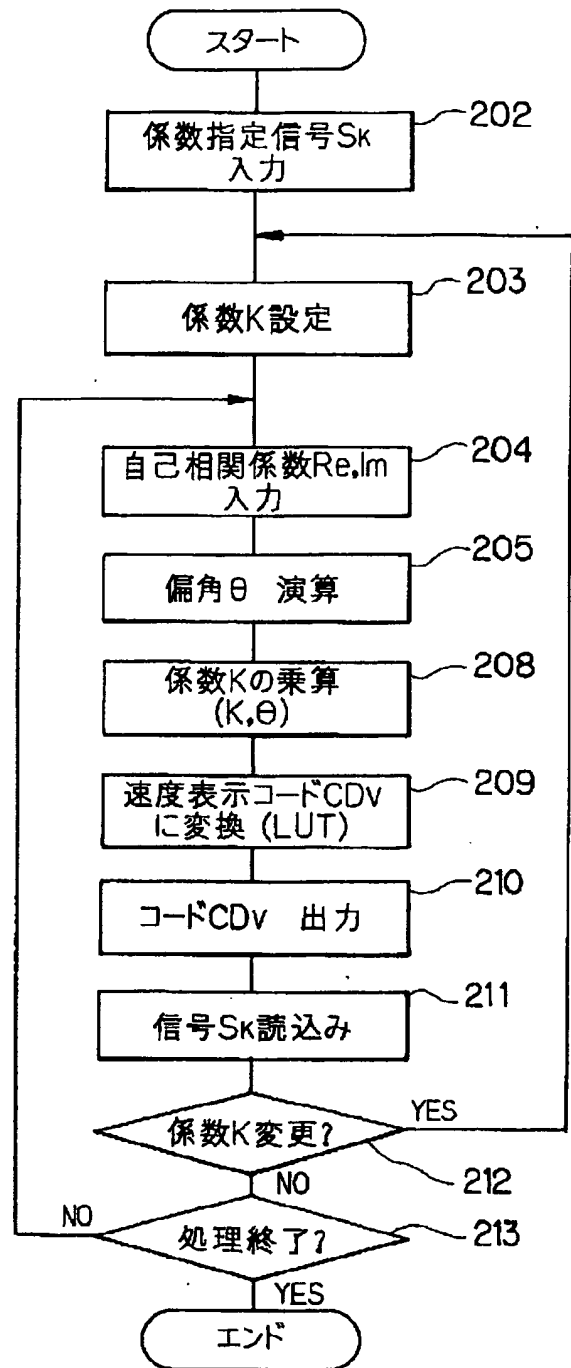
【図16】



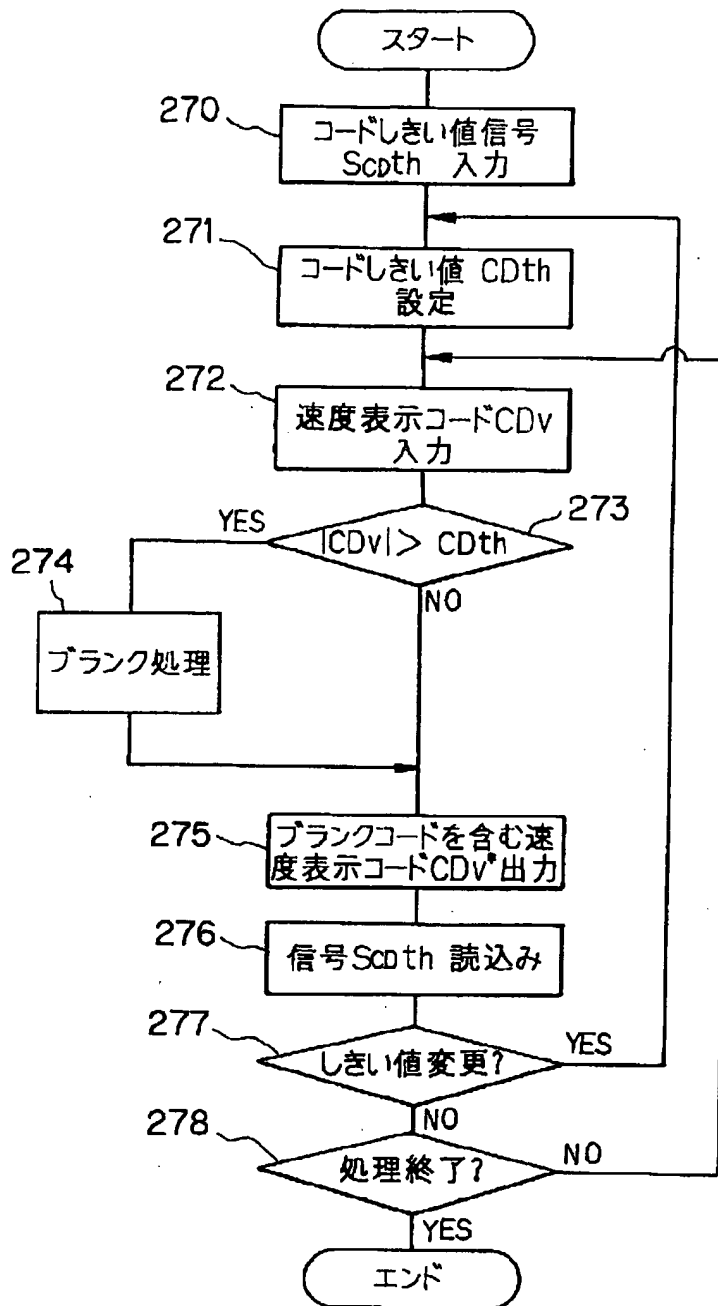
【図17】



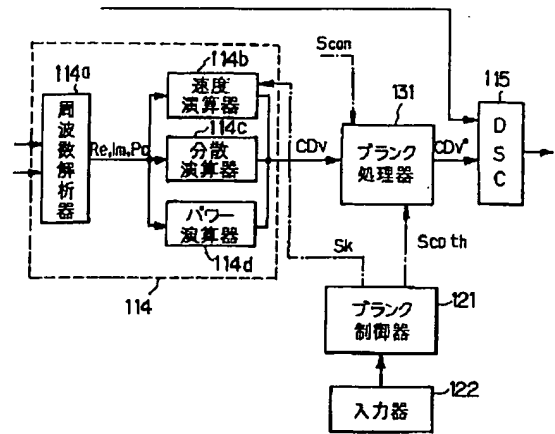
【図18】



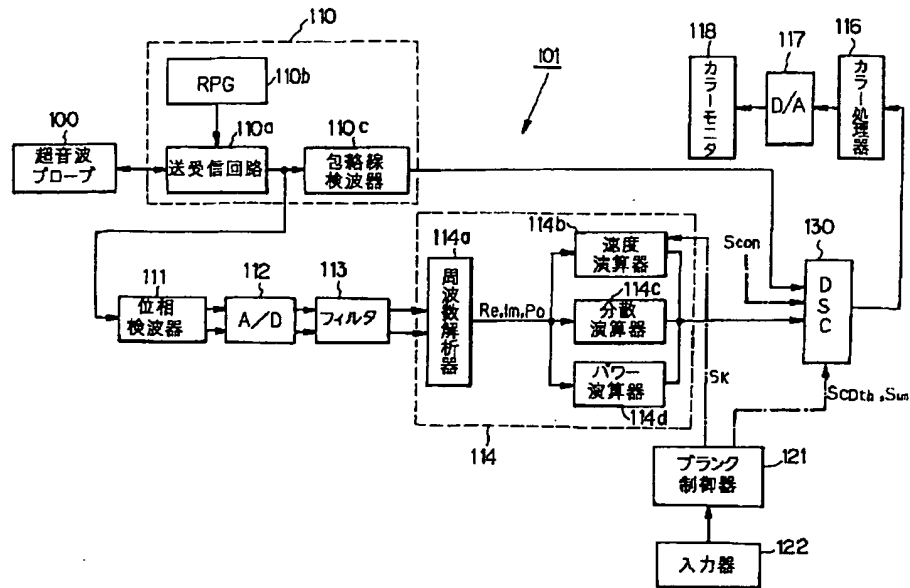
【図19】



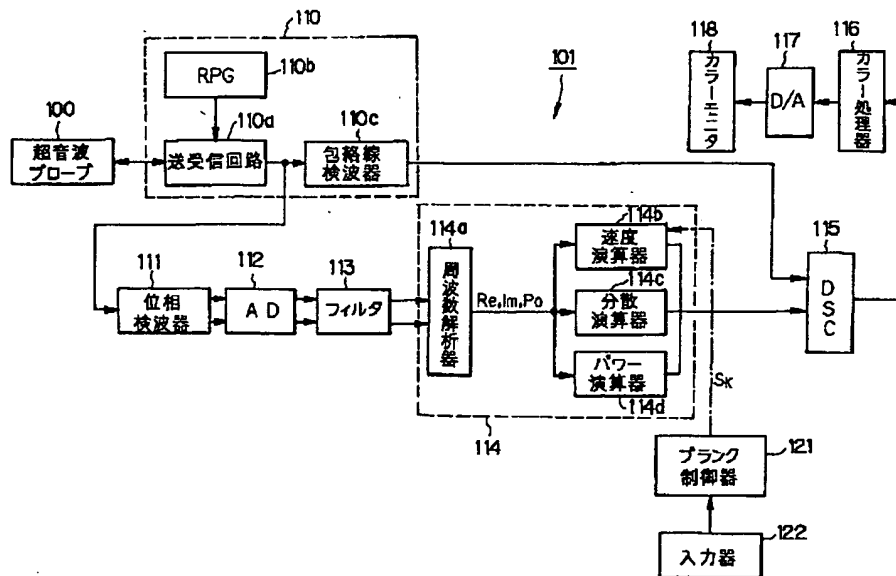
【図25】



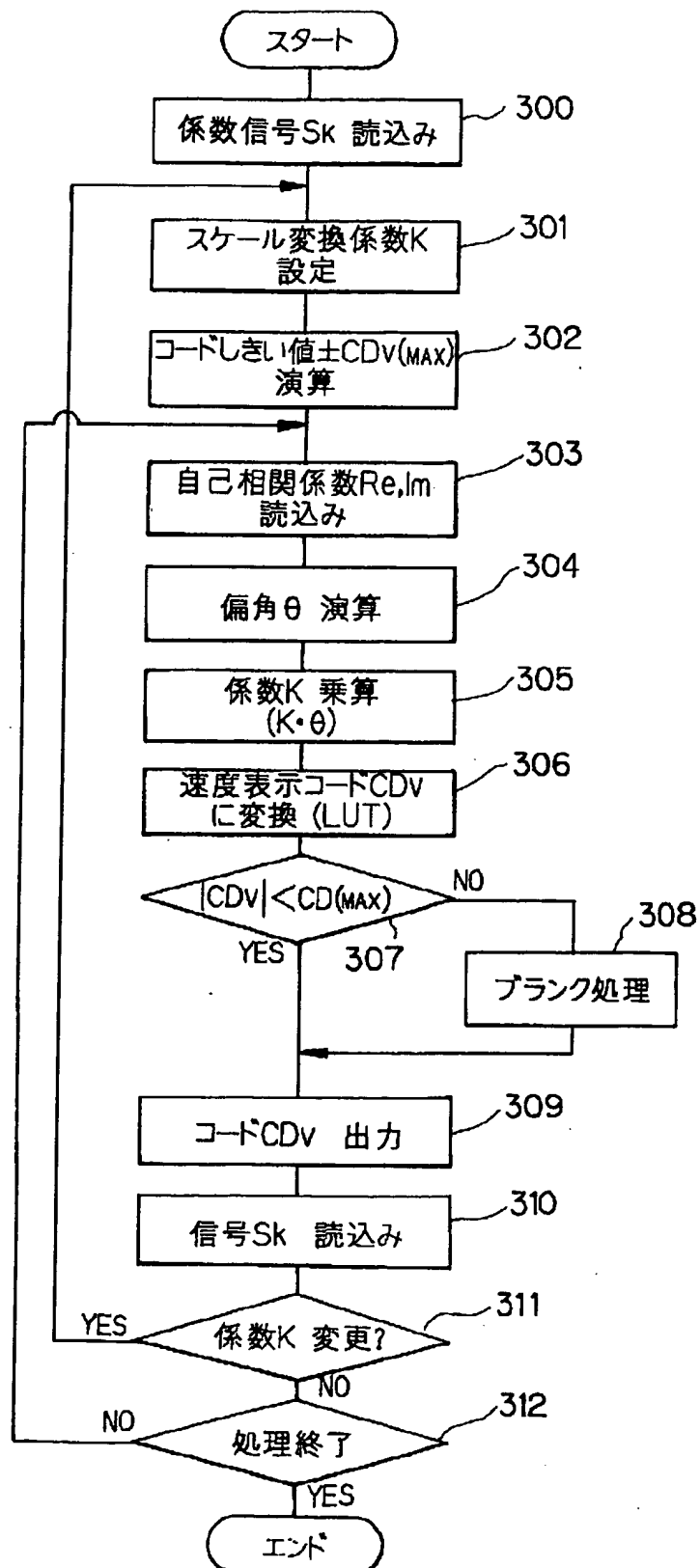
【図 2 1】



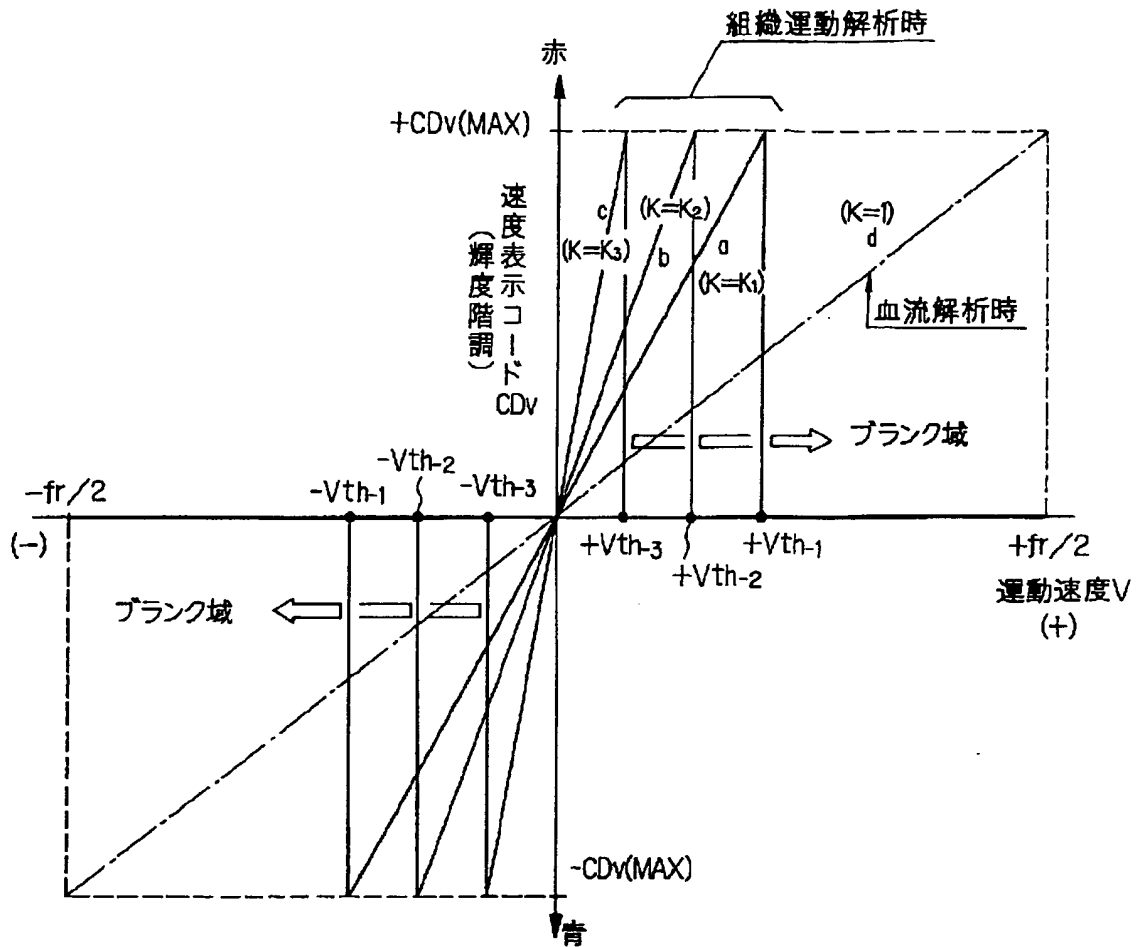
【図 2 2】



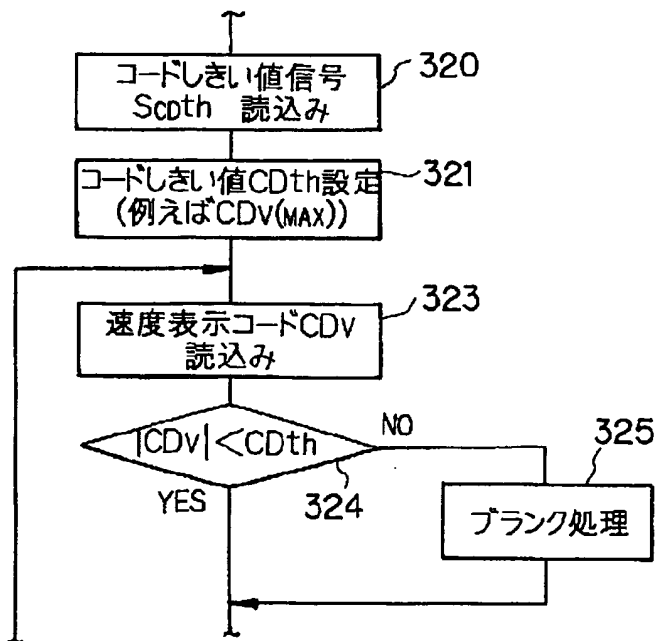
【図 2 3】



【図24】



【図26】



【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第1部門第2区分

【発行日】平成14年5月8日(2002.5.8)

【公開番号】特開平8-66397

【公開日】平成8年3月12日(1996.3.12)

【年通号数】公開特許公報8-664

【出願番号】特願平7-21795

【国際特許分類第7版】

A61B 8/06

8/08

G01N 29/00

【FI】

A61B 8/06

8/08

G01N 29/00

【手続補正書】

【提出日】平成14年2月8日(2002.2.8)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】 被検体の断層面に含まれる心筋、血管壁などの運動に関するカラー画像を表示する超音波診断装置において、
超音波パルス信号を前記断層面に沿って走査して当該断層面からの超音波反射信号に応じた電気量のエコー信号を得る走査手段と、前記エコー信号から前記組織の運動に従うドブラ信号を抽出する抽出手段と、前記ドブラ信号に基づいて前記組織の運動の速度データを前記断層面のサンプル点毎に求める速度算出手段と、前記超音波パルス信号のパルス繰返し周波数で制限される測定可能なドブラ周波数範囲の前記速度データと当該速度データに割り当てるカラー表示の階調データとをそのドブラ周波数範囲内の低速度域をその残りの速度域よりも強調した状態で対応付けるスケールを設定するスケール設定手段と、前記スケールに基づいて前記速度データを前記階調データに変換する速度変換手段と、この速度変換手段により変換された階調データをカラー化して表示する表示手段とを備えたことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項2】 前記抽出手段は、前記組織によりドブラ偏移を受けた前記ドブラ信号を選択的に抽出するローパスフィルタを備える請求項1記載の超音波診断装置。

【請求項3】 前記スケールは、前記速度データの変化に対する前記階調データの変化の割合が非線形に設定されている請求項2記載の超音波診断装置。

【請求項4】 前記スケールは、前記低速度域の前記割

合を前記残りの速度域の前記割合よりも高く設定されている請求項3記載の超音波診断装置。

【請求項5】 前記低速度領域は、前記超音波パルス信号のパルス繰返し周波数を f_r 、ドブラ偏移周波数を f_d としたとき、 $-f_r/8 \leq f_d \leq f_r/8$ 、 $-f_r/12 \leq f_d \leq f_r/12$ 、および $-f_r/16 \leq f_d \leq f_r/16$ のうちの1つである請求項4記載の超音波診断装置。

【請求項6】 前記スケールは、前記低速度域を前記階調データの全てに割り当て且つ前記残りの速度域を全て当該階調データの最高値に割り当てたスケールである請求項4記載の超音波診断装置。

【請求項7】 前記スケールは、前記低速度域に対する前記割合が直線的に変化する請求項6記載の超音波診断装置。

【請求項8】 前記スケールは、前記低速度域に対する前記割合が第1の値及びこの第1の値より低い第2の値を有する折れ曲がった直線状に変化するとともに、前記第1の値を有する直線部分の変化が前記ドブラ周波数範囲内の低速側に位置する請求項6記載の超音波診断装置。

【請求項9】 前記階調データは前記組織の運動方向を各別に表わす色の輝度および色合いのうちの一方を変化させた複数のカラーデータから成る請求項1記載の超音波診断装置。

【請求項10】 前記階調データは前記速度データの変化に応じて変わる連続的なつながりを有する階調度のカラーデータを含むとともに、当該階調データの少なくとも最高値はその低階調度側とは階調度的に不連続なカラーデータである請求項9記載の超音波診断装置。

【請求項11】 前記抽出手段は、前記組織によりドブラ偏移を受けた前記ドブラ信号を選択的に抽出するロー

パスフィルタを備える請求項 10 記載の超音波診断装置。

【請求項 12】 前記スケールは、前記速度データの変化に対する前記階調データの変化の割合が非線形に設定されている請求項 11 記載の超音波診断装置。

【請求項 13】 前記スケールは、前記低速度域の前記割合を前記残りの速度域の前記割合よりも高く設定されている請求項 12 記載の超音波診断装置。

【請求項 14】 被検体の断層面の断層像に当該断層面に含まれる組織の運動に関するカラー画像を重畳して表示する超音波診断装置において、超音波パルス信号を前記断層面に沿って走査して当該断層面からの超音波反射信号に応じた電気量のエコー信号を得る走査手段と、前記エコー信号から前記組織の運動に従うドブラ信号を抽出する抽出手段と、前記ドブラ信号に基づいて前記組織の運動の速度データを前記断層面のサンプル点毎に求める速度算出手段と、前記エコー信号から前記断層像のデータを形成する断層像形成手段と、前記速度データが速度しきい値を超えた場合、その速度データをブランク処理するブランク処理手段と、前記ブランク処理された前記速度データを前記断層像のデータに重畳するとともに当該速度データをカラー化して表示する表示手段とを備えたことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 15】 被検体の断層面の断層像に当該断層面に含まれる組織の運動に関するカラー画像を重畳して表示する超音波診断装置において、超音波パルス信号を前記断層面に沿って走査して当該断層面からの超音波反射信号に応じた電気量のエコー信号を得る走査手段と、前記エコー信号から前記組織の運動に従うドブラ信号を抽出する抽出手段と、前記ドブラ信号に基づいて前記組織の運動の速度データを前記断層面のサンプル点毎に求める速度算出手段と、前記エコー信号から前記断層像のデータを形成する断層像形成手段と、前記超音波パルス信号のパルス繰返し周波数で制限される測定可能なドブラ周波数に対する速度測定範囲の前記速度データと当該速度データに割り当てるカラー表示の階調データとをその速度測定範囲内の低速度域をその残りの速度域よりも強調した状態で対応付けるスケールを設定するスケール設定手段と、前記スケールに基づき前記速度データを前記階調データに変換する速度変換手段と、この速度変換手段により変換された階調データ及び前記速度算出手段により算出された前記速度データの何れか一方の量が指定されたしきい値を超える前記サンプル点をブランク処理に付すブランク処理手段と、前記ブランク処理手段によるブランク処理を経た前記速度データを前記断層像のデータに重畳するとともに当該速度データをカラー化して表示する表示手段とを備えたことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 16】 前記スケール設定手段は、前記ドブラ

周波数の変化に対する前記階調データの変化の割合を前記被検体の運動流体解析時の当該割合よりも高く、且つ前記階調データの最高値に対応する前記速度データよりも大きい速度データには当該最高値を割り当てる前記スケールを設定する手段である請求項 15 記載の超音波診断装置。

【請求項 17】 前記階調データは、前記組織の運動方向を各別に表わす指定カラーの輝度の階調データから成る請求項 16 記載の超音波診断装置。

【請求項 18】 前記階調データは、前記組織の運動方向を各別に表わす指定カラーの色相の階調データから成る請求項 16 記載の超音波診断装置。

【請求項 19】 前記スケールの設定とは独立して前記しきい値を指定するしきい値指定手段を備える請求項 16 記載の超音波診断装置。

【請求項 20】 前記一方の量は、前記速度算出手段により算出された速度データである請求項 19 記載の超音波診断装置。

【請求項 21】 前記速度算出手段は、前記ドブラ信号の周波数成分を解析する周波数解析手段と、この周波数解析後の解析結果に基づいて前記各サンプル点の前記速度データを演算する速度演算手段とを有し、この速度演算手段、前記速度変換手段及びブランク処理手段は 1 つの演算ユニットに設けてある請求項 20 記載の超音波診断装置。

【請求項 22】 前記しきい値は、前記スケールで決まる前記階調データの最高値に対応した前記速度データの値である請求項 20 記載の超音波診断装置。

【請求項 23】 前記一方の量は、前記速度変換手段により変換された階調データであって、前記しきい値指定手段は、前記階調データの最高値よりも低い階調データのしきい値を指定する手段である請求項 19 記載の超音波診断装置。

【請求項 24】 前記ブランク処理手段は、少なくとも前記速度算出手段及び表示手段とは独立した処理器に設けてある請求項 23 記載の超音波診断装置。

【請求項 25】 前記表示手段は、前記速度データを前記断層像のデータに重畳するデジタルスキャンコンバータを有し、このデジタルスキャンコンバータは前記ブランク処理手段を含む請求項 23 記載の超音波診断装置。

【請求項 26】 前記スケール設定手段は、前記スケールの設定に連動して前記しきい値を自動的に決める手段である請求項 16 記載の超音波診断装置。

【請求項 27】 前記一方の量は、前記速度変換手段により変換された階調データである請求項 26 記載の超音波診断装置。

【請求項 28】 被検体の組織の運動に関するカラー画像を表示する超音波診断装置において、前記被検体に対して超音波の送受信を行う超音波プローブと、

この超音波プローブから出力されるエコー信号に基づいて前記組織の運動の速度データをサンプル点毎に求める速度算出手段と、

前記超音波の送受信のパルス繰返し周波数により決まるドプラ周波数範囲の前記速度データに当該速度データに対応する色又は輝度を割り当てるとともに、前記速度データの低速度域における色又は輝度の変化の割合をその残りの速度域における色又は輝度の変化の割合よりも高くなるように設定する速度変換手段と、

この速度変換手段の出力に基づいて前記カラー画像を表示する表示手段とを備えたことを特徴とする超音波診断装置。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0012

【補正方法】変更

【補正内容】

【0012】さらに請求項15～27記載の発明は、被検体の断層面の断層像に当該断層面に含まれる組織の運動に関するカラー画像を重畳して表示する超音波診断装置において、超音波パルス信号を前記断層面に沿って走査して当該断層面からの超音波反射信号に応じた電気量のエコー信号を得る走査手段と、前記エコー信号から前記組織の運動に従うドプラ信号を抽出する抽出手段と、前記ドプラ信号に基づいて前記組織の運動の速度データを前記断層面のサンプル点毎に求める速度算出手段と、前記エコー信号から前記断層像のデータを形成する断層像形成手段と、前記超音波パルス信号のパルス繰返し周波数で制限される測定可能なドプラ周波数に対する速度測定範囲の前記速度データと当該速度データに割り当てるカラー表示の階調データとをその速度測定範囲内の低速度域をその残りの速度域よりも強調した状態で対応付けるスケールを設定するスケール設定手段と、前記スケールに基づいて前記速度データを前記階調データに変換する速度変換手段と、この速度変換手段により変換された階調データ及び前記速度算出手段により算出された前記速度データの何れか一方の量が指定されたしきい値を超える前記サンプル点をブランク処理に付すブランク処理手段と、前記ブランク処理手段によるブランク処理を経た前記速度データを前記断層像のデータに重畳するとともに当該速度データをカラー化して表示する表示手段とを備えたことを特徴とする。前記スケール設定手段は、前記ドプラ周波数の変化に対する前記階調データの変化の割合を前記被検体の運動流体解析時の当該割合よりも高く、且つ前記階調データの最高値に対応する前記速度データよりも大きい速度データには当該最高値を割り当てる前記スケールを設定する手段である。さらに、前記スケールの設定とは独立して前記しきい値を指定するしきい値指定手段を備えることができる。さらに、前記スケール設定手段は、例えば、前記スケールの設定に

連動して前記しきい値を自動的に決める手段である。さらに請求項28に記載の発明は、被検体の組織の運動に関するカラー画像を表示する超音波診断装置であり、前記被検体に対して超音波の送受信を行う超音波プローブと、この超音波プローブから出力されるエコー信号に基づいて前記組織の運動の速度データをサンプル点毎に求める速度算出手段と、前記超音波の送受信のパルス繰返し周波数により決まるドプラ周波数範囲の前記速度データに当該速度データに対応する色又は輝度を割り当てるとともに、前記速度データの低速度域における色又は輝度の変化の割合をその残りの速度域における色又は輝度の変化の割合よりも高くなるように設定する速度変換手段と、この速度変換手段の出力に基づいて前記カラー画像を表示する表示手段とを備えたことを特徴とする。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0019

【補正方法】変更

【補正内容】

【0019】超音波プローブ11は、短冊状の複数の圧電振動子を配列させたフェーズド・アレイ形のトランスデューサを内蔵している。各圧電振動子は、超音波送受信部15からの駆動信号によって励振される。各駆動信号の遅延時間を制御することにより、スキャン方向を変更してセクタ電子走査可能になっている。超音波送受信部15の遅延時間パターンは、後述するタイミング信号発生器44から送られてくる基準信号を基準時として、CPU43により制御される。超音波送受信部15は、スキャン方向に対応して遅延時間パターンが制御された駆動電圧信号を超音波プローブ11に出力する。この駆動電圧信号を受けた超音波プローブ11は、そのトランスデューサにおいて電圧信号を超音波信号に変換する。この変換された超音波信号は、被検者の心臓に向けて送波される。この送波された超音波信号は、心臓を含む各組織で反射され、再び超音波プローブ11に戻ってくる。そこで、プローブ11内のトランスデューサでは反射超音波信号が再び電圧信号（エコー信号）に変換され、そのエコー信号は超音波送受信部15に出力される。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0074

【補正方法】変更

【補正内容】

【0074】さらに、本実施例では運動速度Vのしきい値 V_{th} を速度変換スケールa（…c）とは独立して設定でき、モニタ画面上に残す赤、青の最高輝度 $\pm CDV(MAX)$ の部分と、同一の速度変換スケールa（…c）（すなわち、同一の低速度強調機能）に対して適宜に調整できる。このため、速度しきい値 V_{th} 及びスケ

ール変換係数 K の選択具合によっては図15の1点鎖線 m_1 で示すように、最高階調の輝度領域をモニタ画面上に残すこともできるし、同図実線 m_2 で示すように最高

階調の輝度まで達しない内にTDIカラー像のみをブラックにしてしまうこともできる。